



**Universidade de
Aveiro**
Ano 2015

Departamento de Engenharia Civil

**José Rodrigues
Garcia Ribas**

**Planeamento e Gestão da Construção sob a Ótica
da Sustentabilidade**



**José Rodrigues
Garcia Ribas**

**Planeamento e Gestão da Construção sob a Ótica
da Sustentabilidade**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Paulo Barreto Cachim, Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação do Doutor Miguel Monteiro Moraes, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à Paula e aos meus três filhos, André, Marco e Mariana pelo incansável apoio.

o júri

presidente

Doutor Manuel João Senos Matias
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
professora associada da Universidade de Aveiro

Doutor Paulo Miguel Nuno Lobato de Sousa Monteiro de Morais
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

Doutora Cristina Madureira dos Reis
professora auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutor José Manuel Ferreira da Silva
professor adjunto do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Doutora Maria do Rosário Santos Oliveira
professora adjunta do Instituto Superior de Engenharia do Porto

agradecimentos

Registo aqui o meu reconhecimento e a minha gratidão ao Professor Doutor Paulo Barreto Cachim pela atenção, disponibilidade, acompanhamento crítico e confiança ao longo das diversas fases do mesmo, e de igual forma ao Professor Doutor Miguel Monteiro Morais.

Uma palavra de reconhecimento ao meu antigo professor de Estatística e Análise Matemática, Professor Doutor Francisco José Lage Campelo Calheiros, que, mesmo antes da sua reforma, discutiu comigo frutuosamente a resolução de problemas no âmbito da análise combinatória.

Agradeço a todos aqueles que fizeram e ainda fazem parte da estrutura da Escola Superior de Tecnologias e Gestão, do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, pelo seu apoio e incentivo, que me ajudaram a levar a cabo este estudo e a superar os momentos de desânimo e de elevado cansaço que ao longo de trabalhos desta extensão sempre surgem.

Uma palavra final de gratidão para os meus familiares, pelo apoio e compreensão para com os sacrifícios e transtornos inerentes a um projeto de grande longevidade e intensidade e, em especial, a minha Mãe† pela herança cognitiva, que me permitiu enfrentar este desafio.

palavras-chave

Sustentabilidade, gestão, planeamento, obras, construção, sistema, holismo, complexidade, recursos, integração, algoritmo.

resumo

No setor da construção existe uma enorme saturação produtiva induzida pelo poder monetário. É da máxima importância a meditação sobre os conceitos do passado e análise de novas abordagens para o futuro no âmbito do planeamento e da gestão da construção que conduzam a um setor mais sólido e sustentável. A complexidade imposta por exigências regulamentares impõe uma maior especialização dos seus múltiplos intervenientes, em particular, dos que têm a tarefa de planear e gerir todo o processo construtivo de forma mais integrada. Esta complexidade do sistema processual dentro e fora das empreitadas e a insuficiência governativa dos modelos atualmente utilizados na gestão de obras ao nível dos recursos serviram de motivação para este trabalho, por considerar as atuais metodologias de planeamento e gestão de obras redutoras e de fraca sincronização social.

O presente trabalho propõe uma nova metodologia para o planeamento e gestão de obras na ótica da sustentabilidade, bem como o aplicativo informático que concretiza uma abordagem holística na administração temporal e controlo de todos os recursos associados à obra. Esta metodologia manifesta-se como um possível contributo para o BIM, em virtude do planeamento ser direcionado ao objeto, através da identificação de uma palavra, ou seja, de um holocódigo, permitindo uma gestão integrada em ambiente multiprojecto.

Consequentemente, esta nova abordagem metodológica revela-se vital para as empresas, nomeadamente, para as da construção civil de qualquer dimensão, de modo que estas exerçam a sua atividade na ótica da sustentabilidade, garantindo que a sua capacidade instalada seja adequada antes de se comprometerem com novos contratos de empreitada.

keywords

Sustainability, management, planning, construction, building, system, holism, complexity, resources, integration, algorithm.

abstract

In the construction sector there is an enormous productive saturation induced by monetary power. The concepts of the past need to be reexamined and new approaches for the future need to be developed, as part of the planning and construction management leading to stronger and sustainable industry. The complexity imposed by regulatory requirements impose a greater specialization of its multiple stakeholders, particularly those who are in charge of planning and managing the entire construction process in an integrated way. This complexity of the procedural system in and out of contracts and the governing failure of the models currently used in the management of works at the level of resources provided the motivation for this work, considering the current methodologies for planning and management of reductive works and weak social synchronization.

This thesis proposes a new methodology of planning and construction management from the perspective of sustainability, and a computer application was developed that implements a holistic approach to time management and control of all resources associated with the work. This methodology is a possible contribution to BIM as planning is directed to the object identified by a word, or a holocode, allowing for integrated management in multi-project environment.

Consequently, this new methodological approach proves to be vital for construction companies of any size, so that they carry out their activity in the perspective of sustainability, ensuring that its installed capacity is adequate before committing with new contracts.

Índice

Introdução	11
Capítulo 1: Elementos de base para formulação sustentável da nova metodologia	17
1.1 - Perspetiva para a mudança do paradigma focal do tempo	19
1.2 – Conceitos básicos de Grafos e Redes	24
1.2.1 - <i>Conceitos fundamentais de grafos</i>	24
1.2.1.1 - <i>Matriz de adjacência</i>	25
1.2.1.2 - <i>Matriz de incidência</i>	27
1.3 - Os Processos.....	27
1.4 - Paradigma sistémico	32
Capítulo 2: Técnicas e conceitos reducionistas para o planeamento e gestão de projetos.....	35
2.1 - Planeamento	35
2.1.1 <i>Análise de redes de atividades – PERT/CPM</i>	39
2.1.2 <i>Método Francês versus Método Americano</i>	40
2.1.3 <i>Definições para a metodologia CPM</i>	42
2.1.4 <i>Exemplo de aplicação - CPM</i>	44
2.2 - Recursos	48
2.2.1 <i>Recursos acumuláveis</i>	50
2.2.2 <i>Recursos não acumuláveis</i>	51
2.3 - Desperdícios na produção (construção).....	53
2.4 - Desvantagem da aplicação de técnicas e conceitos reducionistas.....	56
2.5 – Corrente Crítica.....	57
2.5.1 <i>Introdução à Teoria das Restrições – TOC</i>	57
2.5.1.1 – O Desperdício temporal	59
2.5.1.2 – A “Lei de Parkinson”	59
2.5.1.3 – A “Síndrome do Estudante”	60
2.5.1.4 – A “Multitarefa”	60
2.5.2 <i>A Implementação</i>	61
2.6 – Integração do planeamento e gestão de projetos em BIM.....	65
2.6.1 <i>Breve contextualização do BIM</i>	65
2.6.2 <i>Breve definição e caracterização</i>	66
Capítulo 3: Conceito de sistema direcionado para uma nova metodologia	71
3.1 – A Sistemografia	71
3.2 – Tipos de abordagens enquadradas neste trabalho	74
3.2.1 <i>Abordagem qualitativa de Turchin</i>	74
3.2.2 <i>Abordagem estrutural de Simon</i>	76
3.2.3 <i>Descrição do Sistema Holónico</i>	78
3.3 – Planeamento e gestão de obra como um sistema complexo.....	82

Capítulo 4: Nova metodologia integrada de planeamento e gestão de projetos com base na transmutação de sistemas complexos.	85
4.1– Introdução.....	85
4.2 – Objetivo	85
4.3 – Descrição geral da nova metodologia – EHP	85
4.3.1 <i>Descrição do espaço holístico – EHP</i>	86
4.3.2 <i>Definição da estrutura holística</i>	93
4.3.2.1 Procedimento computacional para construção da estrutura holística	95
4.3.2.2 Exemplo da construção manual de uma holística temporal	96
4.3.2.3 Criação da matriz de prioridades para o gozo de um recurso alvo	105
4.3.3 <i>Subespaço das transformações e sua representação gráfica</i>	109
4.3.4 <i>Folga intrínseca de um elemento</i>	114
4.3.5 <i>Criação das tabelas referentes aos recursos elementares - Te</i>	116
4.3.6 <i>Subespaço das restrições</i>	119
4.3.7 <i>Subespaço do planeamento</i>	120
4.3.8 <i>Subespaço dos resultados</i>	121
4.4 - Controlo da produção.....	122
4.5 – Representatividade do diagrama holístico do planeamento	125
Capítulo 5: Implementação computacional da nova metodologia - EHP	135
5.2 - Descrição algorítmica e funcional - Subespaço das transformações	136
5.2.1 Descrição algorítmica e funcional do holocódigo	136
5.3. – Operações básicas de transmutações.....	146
5.3.1 <i>Subsistemas completos singulares</i>	150
5.3.2 <i>Descrição geral do aplicativo EHP</i>	152
Capítulo 6: Validação da metodologia EHP	189
6.1 – Exemplo base redutor.....	189
6.2 – Exemplo 1 (Holístico)	194
6.3 – Exemplo 2 (Holístico genérico).....	205
Conclusão	223
Desenvolvimentos Futuros.....	229
Bibliografia:	233

Índice das Figuras

Figura 1 - Ilustração focal do tempo, na ação a desenvolver nas paredes a serem pintadas	20
Figura 2 - Ilustração focal do tempo no indivíduo que vai pintar a parede.....	21
Figura 3 - Rede de atividades	266
Figura 4 - Rede CPM/PERT, Método Americano	41
Figura 5 - Rede CPM/PERT pelo Método Francês	41
Figura 6 - Parâmetros definidores de uma atividade, Ai.....	43
Figura 7- Gráfico de Gantt do exemplo base	45
Figura 8 - Programa das necessidades dos recursos versos disponibilidade	50
Figura 9 - Tipo de recurso R2.....	51
Figura 10 - Diagrama de cargas dos recursos pintores	52
Figura 11 - Fluxo de processamento, segundo a teoria TFV de KOSKELA (2004).....	53
Figura 12 - Desperdícios, postulados pela filosofia Lean, segundo LINKER e LAMB (2000).....	54
Figura 13 - Prazo mínimo de 16 dias para finalização das tarefas A, B, C, e D	61
Figura 14 - Formação progressiva da multitarefa.....	61
Figura 15 - Criação da rede com base nos tempos médios por atividade, adaptado de QUELHAS e BARCAUI (2004)	62
Figura 16 - Identificação da Corrente Crítica, adaptado de QUELHAS e BARCAUI (2004)	63
Figura 17 - Proteção da CCPM através da inserção de buffers de proteção, FB e PB, adaptado de QUELHAS e BARCAUI (2004).....	63

Figura 18 - Divisão de buffer em gerenciamento, adaptado de QUELHAS e BARCAUI (2004)	64
Figura 19 - O BIM (http://arquitetolumion.blogspot.pt/2011_11_01_archive.html)	67
Figura 20 - A sistemografia, adaptado de LE MOIGNE (1977)	73
Figura 21 - Diagrama holístico do projeto, (DHP)	86
Figura 22 - Espaço holístico do projeto (EHP)	87
Figura 23 - Estabelecimento da identidade universal de governação do planeamento.....	89
Figura 24 - Diagrama holístico de um sistema do projeto - (DHSP).....	91
Figura 25 - Diagrama holístico do projeto, tipos de recursos elementares	92
Figura 26 - Esboço em Po de uma holística, com $k=3$	97
Figura 27 - Explicitação por digrafos dos elementos constituintes do sistema e do processo de agregação do nível 3 para o nível 2	99
Figura 28 - Processo de agregação do nível 2 para o nível 1 com explicitação após o cálculo	100
Figura 29 - Processo de agregação do nível 2 para o nível 1 com explicitação, após o cálculo	101
Figura 30 - Processo de agregação do nível 1 para o nível 0, sem cálculo	102
Figura 31 - Processo de agregação do nível 1 para o nível 0, com cálculo	103
Figura 32 - Resultados em Po de uma holística, com $k=3$	104
Figura 33 - Representação da criticidade de um subsistema no espaço dos recursos	106
Figura 34 - Relacionamento unívoco dos fragmentos de agregação, FGR,t,s,f	107
Figura 35 - Forma de representar qual a alocação dos recursos elementares.....	108

Figura 36 - Representação global dos processos das transformações no diagrama holístico do planeamento	109
Figura 37 - Exemplo da iteração entre dois níveis, N_j e N_{j+1} , para $j+1 < k$	110
Figura 38 - Limitação temporal e condicional da modificação do estado de um elemento	112
Figura 39 - Limitação temporal e condicional da modificação do estado de um elemento	113
Figura 40 - Representação de uma ligação fim-início entre dois elementos A e B	115
Figura 41 - Representação da distorção no planeamento imposta pelas restrições	120
Figura 42 - Configuração padrão do subespaço do planeamento	121
Figura 43 - Ilustração da correspondência dos resultados com os processos	122
Figura 44 - O controlo de produção com atraso na produção	123
Figura 45 - O controlo de produção, verificando gastos não custeados de recursos	124
Figura 46 - Possível forma de representar a decomposição dos Centros de Custos	125
Figura 47 - Representação fractal fronteira do sistema, diagrama holístico do planeamento	126
Figura 48 - Representação fractal interior do sistema, diagrama holístico do planeamento	127
Figura 49 - Representação fractal interior do sistema	128
Figura 50 - Escala de serviço, representação fractal fronteira do sistema	129
Figura 51 - Representação fractal interior do sistema, para o fragmento E29,82 e seu respetivo objeto	130
Figura 52 - Aferição da produção, representação fractal fronteira do sistema, E29,82 ..	132
Figura 53 - Holocódigo em codificação binária	142
Figura 54 - Representação gráfica do digrafo exemplo	143

Figura 55 - Dígrafo interpretativo da génese do holocódigo.....	144
Figura 56 - Criação ou anulação de eventos.....	14747
Figura 57 - Ativação ou desativação de um dado subsistema	147
Figura 58 - Conversão de um dado subsistema elementar num subsistema incompleto ...	148
Figura 59 - Subsistema invariante	150
Figura 60 - Subsistema neutralizador	151
Figura 61 - Subsistema completo de produção direta.....	151
Figura 62 - Painel de imputação dos parâmetros gerais para a governação.....	154
Figura 63 - Esboço de um pequeno dígrafo	155
Figura 64 - Janelas de imputação para a identificação de variável e criação das restrições primitivas.....	160
Figura 65 - Painel construtivo com capacidade iterativa	165
Figura 66 - Tipificação de elemento (aresta) a ser criado	166
Figura 67 - Validação da hipótese de conversão	167
Figura 68 - Painel de seleção/edição para transmutação de subsistemas.....	168
Figura 69 - Caixas temporais para cada fragmentos temporal	180
Figura 70 - Área posicional de busca.....	181
Figura 71 - Solução “subótima”	181
Figura 72 - Solução subótima melhorada.....	182
Figura 73 - Ordenação dos critérios de vizinhança adotados no melhoramento da solução subótima	184

Figura 74 - Resultado guardado numa fita de recursos.....	185
Figura 75 - Folga intrínseca.....	186
Figura 76 - Diagrama holístico do planeamento e explicitação de uma envolvente crítica	187
Figura 77 - Relações das restrições primitivas	188
Figura 78 - Cálculo manual do exemplo base	190
Figura 79 - Introdução de dados via gráfica pelo diagrama de Gantt para o exemplo base no MS Project.....	190
Figura 80 - Introdução gráfica de dados do exemplo base no EHP.....	191
Figura 81 - Exemplo base, cálculo da rede de fluxo máximo, via aplicativo EHP	192
Figura 82 - Diagrama de controlo do exemplo base executado no MS Project	193
Figura 83 - Diagrama holístico de controlo do exemplo base executado no EHP	193
Figura 84 - Rede global na base $E_{k,i}$ do exemplo 1, após agregação final com cálculo ...	195
Figura 85 - Exemplo 1, rede calculada em P_o com base nos fragmentos temporais $E_{k,i}$.	196
Figura 86 - Exemplo 1, diagrama holístico em P_o criado.....	203
Figura 87 - Fita de uso ou consumo dos recursos envolvidos.....	230
Figura 88 - Tipificações possíveis dos subsistemas suportados pelo aplicativo EHP	205
Figura 89 - Representação do subsistema raiz, criado em digrafo de manipulação acessível	206
Figura 90 - Representação do subsistema $IDE= 5$, em digrafo de manipulação acessível	207
Figura 91 - Configurações não manipuláveis – Digrafo em processamento.....	208
Figura 92 - Configurações não manipuláveis - digrafo agregado de base não acessível...	209
Figura 93 - Configuração manipulável - diagrama holístico do subsistema raiz	210

Figura 94 - Subsistema IDE 1 (Raiz)	211
Figura 95 - Subsistema IDE 2	212
Figura 96 - Subsistema IDE 3	213
Figura 97 - Subsistema IDE 4	214
Figura 98 - Subsistema IDE 5	215
Figura 99 - Subsistema IDE 6	216
Figura 100 - Subsistema IDE 7.....	217
Figura 101 - Subsistema IDE 8.....	218
Figura 102 - Subsistema IDE 9.....	219
Figura 103 - Subsistema IDE 10.....	220
Figura 104 - Subsistema IDE 11.....	221
Figura 105 - Subsistema IDE 12.....	222
Figura 106 - Introdução de dados pelo diagrama holístico do projeto	231

Índice das Tabelas

Tabela 1: Dados para construção da rede CPM/PERT	40
Tabela 2: Exemplo base, estrutura de precedências	44
Tabela 3: Exemplo base, estrutura de precedências	45
Tabela 4: Representação (Método Americano) e cálculo da rede CPM do exemplo base ..	46
Tabela 5: Valores das amplitudes dos elementos de uma holística, com $k=3$	98
Tabela 6: Posicionamento preferencial de utilização conforme a abordagem do planeamento.....	117
Tabela 7 - Posicionamento preferencial de utilização ou consumo de um recurso	119
Tabela 8: Correspondência de sistemas versos codificação do holocódigo	138
Tabela 9: Sequência do procedimento para neutralização de um dado subsistema	149
Tabela 10: Exemplo base redutor, holístico invariante.....	189
Tabela 11:Parâmetros temporais do exemplo base executado no MS Project	191
Tabela 12: Parâmetros temporais obtidos pelo aplicativo EHP	193
Tabela 13: Valores das amplitudes dos fragmentos temporais $E_{k,i}$ do Exemplo 1	194
Tabela 14: Valores obtidos para as amplitudes dos subelementos do Exemplo 1	194
Tabela 15: Resultados, exemplo 1 obtidos pelo aplicativo EHP	197
Tabela 16: Validação das ligações para o subsistema selecionado	231

Índice dos Fluxogramas e Esquemas

Fluxograma 1 - Estrutura funcional do aplicativo EHP	153
Fluxograma 2 - Procedimento de criação de um subsistema (Digrafo)	163
Fluxograma 3 - Formação da estrutura holística	174
Fluxograma 4 - Processamento do cálculo por via da leitura de um holocódigo	175
Fluxograma 5 - Restrições primitivas versus otimização de recursos	179
Esquema 1 - Caracterização formal de um dado subsistema	146

Introdução

Portugal é um país ímpar, com um passado de grandes construções semeadas pelo mundo, que atravessa atualmente um dos momentos mais sombrios da sua história no setor da construção. A situação económica atual deixa o mercado da construção numa tendência diferente à verificada em décadas atrás, vivendo-se, nos últimos anos, uma baixa de produção que foi agravada pela crise mundial, refletindo-se mais visivelmente num aumento do desemprego e na diminuição do poder de compra da população em geral.

Com a fragilidade do crédito bancário, a tentação do investidor é comandada pela consequente diminuição da procura imobiliária. O setor da construção atingiu uma recessão sem precedentes, pois existe uma enorme saturação produtiva induzida pelo poder monetário. É da máxima importância a meditação sobre os conceitos do passado e análise de novas abordagens no futuro no âmbito do planeamento e da gestão da construção que conduzam a um setor mais sólido e **sustentável**.

O setor da construção evolui cada vez mais para um cenário negro, que é arrastado por uma maior **complexidade legislativa** imposta por exigências regulamentares mais exaustivas, impondo assim uma maior especialização dos seus múltiplos intervenientes, em particular dos que têm a tarefa de planear e gerir todo o processo construtivo de forma mais integrada.

A complexidade do sistema processual dentro e fora do “miolo” das empreitadas e a insuficiência governativa dos modelos atualmente utilizados na gestão de obras serviram de motivação para este trabalho, por considerar as atuais metodologias de planeamento e gestão de obras, redutoras e de fraca sincronização social. Assim, o autor tentou encontrar um tema de estudo, que, por um lado, lhe complementasse o seu saber e também lhe traduzisse em algo que fosse útil para o mundo realmente prático, que fosse, portanto, uma utilidade na resolução de problemas, pois a satisfação de engenhar é a arte de resolver os problemas.

A hipótese da criação de uma metodologia inovadora que perspetivasse uma resolução para esse problema, que é desenvolvida nos capítulos 4, 5 e 6, foi substanciada numa observação de uma simples geometria triangular isósceles, cujo rebatimento, sobre a

sua hipotenusa coincidente com a orientação noroeste, se refletia num quadrado, algo especial naquele instante para o autor, o todo. Sem saber a razão daquele pensamento, indagou-se no “porquê” que, mais tarde, veio a se perceber, que era simplesmente, a dualidade substanciada na sua forma de pensar.

A partir daquela percepção visionária, começaram-se a aflorar ideias bastantes avulsas, de um saber, que, ainda, pelos vistos, não existia, ou julgava o autor ainda não existir. Nesse seguimento, deu início a uma maratona de iterações assentes numa lógica sem vícios, da qual lhe fez avançar, sem seguir o trilho de outros. Nesse pressuposto, o autor multiplicou-se em estudar e retratar o chamado “Estado da Arte” para compreender dar seguimento a alguma abordagem eventualmente já existente. Assim, os conceitos básicos foram identificados e retratados nos capítulos 1 e 2, bem como o esclarecimento de princípios governativos dos processos com destaque para o paradigma sistémico.

Com os recursos informáticos à sua mercê, começou por verificar que os grandes pensadores naquelas matérias não fizeram a mesma abordagem que tinha desencadeado. Dada a sua relativa habilidade de programador em “Fortran”, em outros momentos académicos, começou com emoção o desenvolvimento de um aplicativo informático que fosse capaz de alicerçar todas aquelas suas ideias embrionárias e, assim, criar os necessários fundamentos.

Embora se tenha tentado cada vez maiores aproximações à realidade, através de métodos aproximados, procurando melhorar determinados aspetos, nomeadamente, a relação entre tempo e custos dos projetos, focou-se apenas nas atividades críticas do projeto. Sendo que a gestão de obras poderia ser vista como um ciclo complexo, que tem início no planeamento, passando em seguida para a execução e, por fim, para o controlo da execução e, se necessário, com implementação de medidas corretivas, que motivou a abordagem enquadradas na Teoria Geral dos Sistemas, que será objeto de tratamento no capítulo 3.

Um dos maiores desafios do planeamento e da gestão de obras é o da alocação de recursos de modo **sustentável**. Os tempos de início e de fim resultantes da aplicação das técnicas consagradas implicam uma distribuição da utilização de recursos ao longo do tempo. Alocar um recurso é o mesmo que reservá-lo para uma determinada atividade num determinado período de tempo, tendo em atenção, que o consumo não deve ser menor que

a disponibilidade desse recurso, ou a oferta do recurso seja maior que a procura e, neste caso, os recursos não são elementos governantes do processo. Ou a procura é maior que a oferta em algumas unidades de tempo e, nesta situação, os problemas de alocação de recursos podem ser classificados em três tipos principais, respectivamente, o problema do nivelamento de recursos, o problema do encurtamento de projetos e o problema da alocação de recursos limitados. A formulação original do Gráfico de Gantt bem como outras técnicas de planejamento baseadas em redes que são orientadas para a programação com base no tempo não preveem um procedimento que dê solução para estes problemas de recursos.

No problema do nivelamento de recursos, a atenção é focada quando há recursos suficientes, mas por algum motivo torna-se imperativo reduzir os picos de consumos. Neste caso, o objetivo é nivelar quanto possível o gasto dos recursos sem restrições que foram disponibilizados. Sendo feito para isso a manipulação das atividades não críticas, cujas folgas são mais importantes, de modo a não comprometer a duração do projeto.

O problema do encurtamento de projetos aparece quando a programação apresentada ultrapassa o prazo definido para a sua conclusão. Nesse sentido, observa-se quais as atividades que faltam realizar e que conduzem a um ou mais processos de produção de menor duração, tendo presente que reduções de tempo podem implicar um aumento do custo. Realizada essa observação, deve-se definir a maneira de atuar para cada uma das atividades, e assim convergir para o conjunto das decisões que resulta na melhor relação tempo-custo para o processo geral, cumprindo-se o prazo.

Outro problema é o da programação de projetos com **limitação de recursos** que será abordado ao longo do trabalho. O enfoque, que é dado à questão, passa por ter em consideração um conjunto de atividades inter-relacionadas tecnologicamente, sob **restrições de recursos**, sendo este passível de ser programado de forma **sustentável** e, assim, a atender a um dos objetivos empresariais. A pesquisa intensa sobre procedimentos, que resolvam este tipo de problema, surge do reconhecimento que os modelos reducionistas pressupõem **disponibilidade ilimitada de recursos**. Este tipo de problema pertence à classe dos problemas combinatórios, o qual é caracterizado pelo crescimento fatorial do tempo computacional requerido para considerar todas as possíveis soluções, de

acordo com o aumento do tamanho do problema. Portanto, pode-se considerar que os procedimentos para solucioná-lo podem ser extraídos da otimização combinatória, que estuda problemas que são caracterizados por um número finito de soluções possíveis. Embora, em princípio, a solução ótima para um problema finito possa ser encontrada por simples enumeração, na prática, esta tarefa é frequentemente impossível, especialmente, para problemas práticos de tamanho realístico onde o número de soluções possível pode ser extremamente alto. Este assunto será refutado pela implementação da nova metodologia, que será descrita no capítulo 4.

Pode-se dividir os métodos de solução utilizados na otimização combinatória, em dois grandes grupos: nos procedimentos ótimos, que visam produzir a melhor solução através da programação matemática mais rigorosa, e os métodos de solução heurísticos, que visam descortinar boas soluções, sendo este último tipo aquele que se dará maior atenção no desenvolvimento deste trabalho. Em Pesquisa Operacional, o termo "Heurística" é usualmente entendido como sendo um algoritmo iterativo que não converge em direção à solução ótima, mas a uma solução possível do problema. As técnicas de solução heurísticas baseadas em regras de prioridade ainda estão entre as mais importantes técnicas de programação para resolver a programação de projetos com limitação de recursos. Para este procedimento, uma atividade é considerada programável, se duas condições forem satisfeitas. Todas as suas atividades predecessoras já estão programadas, se ela possui pelo menos um modo de execução possível. Este só é considerado possível se cada recurso requerido é menor ou igual à soma do recurso disponível para o período de tempo considerado. Geralmente, uma heurística de programação baseada em regras de prioridade é composta por dois componentes: um esquema de geração de programação e uma regra de prioridade.

As empresas que procuram a excelência dentro da sua área de atuação têm vindo a reconhecer, com o tempo, que planejar é imperativo para ter um crescimento **sustentado** e dessa forma alcançar melhores resultados num sistema global, complicado para uns e **complexos** para outros.

O planeamento é relacionado com a fixação de metas e objetivos, e com a execução de planos de ação. Planejar pode ser definido como uma visão futurista das ações necessárias ao cumprimento de um dado objetivo mutante, que pode estar relacionada com

a previsão de parâmetros humanos, materiais, financeiros e ambientais. No processo de planeamento e gestão de uma construção é importante ter noção que um projeto envolve cinco variáveis fundamentais, diretamente relacionadas entre si: **custo, tempo, qualidade, risco** e a **política**. O que se pretende não é necessariamente alcançar o ótimo de cada uma, mas sim possíveis cenários subótimos, e assim definir qual a melhor relação entre aquelas variáveis, em função dos objetivos definidos num dado instante, através de uma metodologia de execução claramente definida, com vista a antecipar a tomada de medidas corretivas, e que o trabalho conjunto de todas as partes envolvidas seja vincado de forma a possibilitar o controlo das várias componentes da tomada decisão.

A gestão dos prazos e custos no âmbito da construção tem obrigatoriamente que incluir o fator social dos seus intervenientes que são em geral, o dono de obra, o projetista, o empreiteiro, o gestor do projeto, a fiscalização, os subempreiteiros, os tarefeiros e todos os demais trabalhadores. Isto porque são as características pessoais de todos os intervenientes, as suas qualidades, defeitos, as suas competências e as decisões tomadas por cada um, que influenciam decisivamente a qualidade do resultado final para com seus objetivos. O papel dinâmico que cada um desempenha contribui de forma diferente para o resultado final, sendo fundamental a sua interação com o sucesso ou insucesso do projeto, já que as suas ações decisórias influenciam o trabalho dos restantes.

O planeamento deve ser, antes de mais, uma atividade dinâmica, com reajustamentos permanentes em função dos resultados verificados a cada momento. Haverá portanto a necessidade de reinventar os métodos de planeamento e gestão de obras, contemplando a simplicidade de forma a contribuir eficazmente para a inversão desta tempestuosa crise no setor da construção que se alastra para as gerações futuras.

Em relação às pretensões holísticas do planeamento, é tamanha a mediocridade dos resultados obtidos costumeiramente, que só o mais desatinado otimista, já abeirando o charlatanismo, nele encontra motivos de comemoração. Nada é mais chocante e desesperador ao holista do que a verificação de que uma atividade ou procedimento seja realizado, quase que simultaneamente, por diferentes pessoas, entidades ou sistemas autónomos, criando conflitos progressivos. Supõe ele a possibilidade de um sistema ideal onde a redundância tenda para zero, o que implica, necessariamente, a crença de perfetibilidade ou a existência de erro zero.

O paradigma holístico repousa na crença da possibilidade de “conhecimento total”, pressupondo a total interdependência de áreas de conhecimento. Este pressuposto é entendível por vários autores pelas seguintes expressões, que caracterizam o planeamento: “processo amplo”, “desenvolvimento”, “ação integrada”, “articulação de níveis ou interesse”, “comunidade como um todo”, “multidisciplinar”, “visão integrada, abrangente ou global, “enfoque sistémico”, em que tal compreensão seria inexequível a partir do trabalho de um só indivíduo.

O envolvimento de inúmeros especialistas, que a partir das respetivas áreas, dissecarão a realidade através de reuniões periódicas, comunicarão ao grupo de trabalho os resultados de suas descobertas e avaliações. Supõe-se, desse modo, que serão encontradas as chamadas “interfaces” relevantes entre os diversos campos do saber, permitindo uma atuação harmónica ou pelo menos, reduzindo conflitos que, dentro dessa conceção, fatalmente surgiriam, caso se tentasse a abordagem “meramente” fragmentada da realidade.

A consciencialização da importância desta temática de planeamento e gestão de obra marca o contexto do objetivo principal deste trabalho, e assim, o define como sendo a necessidade de criar com o apoio tecnológico e computacional da atualidade, a base embrionária para desenvolvimento de uma metodologia integrada de simples entendimento e manuseio, tendo em atenção a integração dos parâmetros associados ao ambiente, economia e à sociedade, em conjugação com os respetivos procedimentos já consagrados nesta matéria. O objetivo mais abrangente deste trabalho é criar uma metodologia geral para instrumentalização do planeamento dinamicamente agressivo, que emerge nos tempos sombrios de grande conflitualidade social.

Capítulo 1: Elementos de base para formulação sustentável da nova metodologia

Ao longo dos anos, o desenvolvimento destas disciplinas de planeamento e de gestão de projetos levaram ao aparecimento de diferentes métodos, principalmente, devido ao ambiente cada vez mais competitivo em que se vive neste setor. Taylor, uma das primeiras celebridades a trabalhar nestas matérias de gestão científica de projetos, demonstrou que qualquer tarefa poderia ser decomposta num conjunto de atividades elementares, analisadas com base em teorias científicas. Até então a única forma de aumentar a produção era conseguida através do aumento do número de horas de trabalho ou do número de trabalhadores afetos a essas atividades ou por uma mudança tecnológica radicalizada.

Já Gantt estudou em pormenor a ordem pela qual as operações se sucediam no trabalho, baseando-se num projeto que consistiu na construção de um navio. Este autor acabaria por se tornar referência da gestão de projetos, ao desenvolver, em 1903, o Gráfico de Gantt, uma das ferramentas que é funcional ainda nos dias de hoje, sendo uma das mais utilizadas devido à sua simplicidade gráfica de representação das várias fases e atividades de um projeto. Trata-se de uma técnica que permite encontrar a melhor forma de analisar a localização temporal de todas as atividades, em função das relações temporais e sequenciais, tendo em conta as respetivas limitações de custos ou de recursos disponíveis. Cada atividade é representada por uma barra isolada, geralmente, com uma ligação às atividades que têm para com esta uma relação de sequencialidade e com o respetivo cumprimento a ser proporcional à sua duração.

Também em meados do século XX, apareceu um novo **algoritmo** de apoio à governabilidade das várias atividades de cada projeto, vulgarmente denominado de Método do Caminho Crítico ou **CPM** – *Critical Path Method* – e que rapidamente se tornou no método computacional habitualmente utilizado. Paralelamente, surge também um outro método baseado no CPM denominado **PERT** – *Project Evaluation and Review Technique*. A principal diferença entre ambos consiste no facto de o CPM considerar durações determinísticas para as atividades, e o método PERT ter em conta o fator probabilístico

sempre associado à previsão efetuada para as durações, sendo contemplados três tipos de valores: pessimista, expectável e otimista.

Em 1969, foi fundado o Project Management Institute, (PMI), que publicou vinte anos mais tarde, uma referência sobre gestão de projetos: o Guia PMBOK – Project Management Body of Knowledge, com vista a uniformizar as práticas existentes da gestão de projetos. Foi com o aparecimento e a vulgarização dos primeiros computadores que a utilização de métodos cada vez mais complexos veio colmatar a necessidade de dar resposta a estruturas organizacionais cada vez mais exigentes.

Nesse arranque do mundo informático, quando os computadores ainda evidenciavam uma diminuta eficiência, os primeiros métodos desenvolvidos consistiam em métodos muito aproximados de carácter bastante reducionista, que consideravam a decomposição do projeto em várias fases, as quais eram analisadas separadamente e, posteriormente, sobrepostas, permitindo assim diminuir o esforço computacional necessário na resolução dos algoritmos.

A técnica do CPM assume, numa primeira iteração, os custos mínimos em cada atividade, que são posteriormente comprimidos com vista à sua concretização dentro do tempo pretendido, assumindo-se uma relação estritamente linear entre o tempo e o custo para cada atividade.

Uma outra técnica de planeamento, que foi também desenvolvida nos Estados Unidos, é ditada pelo método das curvas de equilíbrio - *Line Of Balance* -, **LOB**. Técnica essa, que é mais aconselhada quando as unidades da obra tem carácter repetitivo. Na atualidade, já é vertida em várias versões numa tentativa de complementar outras técnicas, tais como PERT/CPM, que são descritas no capítulo 2, como a de Corrente Crítica.

Com vista a lidar com a complexidade crescente dos projetos dos dias de hoje e para dar resposta a exigências cada vez maiores de um mercado ultracompetitivo, ao longo dos anos, têm vindo a surgir inúmeros autores, propondo mais métodos de apoio à gestão de projetos, que procuram otimizar e melhorar a representação da realidade, de modo a garantir o sucesso dos empreendimentos.

A teoria da complexidade serviu e serve de pauta, para que inúmeros e insaciáveis pensadores tentem descobrir o modo de desmear a realidade. LE MOIGNE (1990), em “A Teoria do Sistema Geral”, fez prova disso, ao procurar em determinados instantes, descarnar aqueles pensamentos.

Para MORIN (1977), a complexidade do real pode estimular a complexidade do pensamento. Após a leitura da sua Obra, o autor ficou convicto da sua diminuta condição de pensante, pois constatou, a incapacidade do seu pensamento em definir a emanada complexidade. Creio que é esse o estímulo, para o qual devemos cuidar os fenómenos, pois os homens sem vontade seriam apenas máquinas sem racionalidade. Hoje, devido ao avanço galopante da capacidade de processamento computacional, a modelização sistémica constitui uma tendência natural, possibilitando a visualização da dinâmica processual e da ficção ao real.

Numa tentativa de clarificação de um dado fenómeno, muitos conceitos seriam elegíveis como preferíveis para uma discussão mais alargada, todavia, dada a sua imensidão, não é permitido neste tipo de trabalho tal desenvolvimento. Neste capítulo, procurar-se-á perspetivar a mudança do paradigma focal do tempo e de uma forma basilar e sem cair na tentação reducionista clarificar dois conceitos úteis para a contextualização dos conteúdos de processo e de paradigma sistémico.

1.1 - Perspetiva para a mudança do paradigma focal do tempo

Hoje, como é do conhecimento comum, vivemos tempos de grandes mudanças tecnológicas, era dos “Smartphone” e das “Tabletes” nos quais a comunicação entre todos, é feita sobretudo por um comando de voz, clique ou toque, em todos os instantes (on-line) e em qualquer lugar. Neste pressuposto comunicativo, é desejável a existência de uma única base de dados para governo dos múltiplos processos, de tal forma que todos os intervenientes possam interagir em simultâneo, conduzindo-se assim ao quase desaparecimento da “dor de cabeça”, que é a dinâmica processual, em que o planeamento de uns, em determinado momento, é o conflito de outros e com outros, num nível decisório algures. Nessa desordem, para uma melhor contextualização, tomemos como base, um simples exemplo ordeiro e indutivo, motivado por uma necessidade de uma dada unidade produtiva:

“...é necessário duas horas de pintor (de mão de obra) para pintar aquela parede nº14, do alçado poente da moradia do lote 49...”

Geralmente, no final de um vasto processamento pouco flexível e dirigido ao resultado projetado pela produção, a mente do clássico instrumentalista é conduzida a formular uma das últimas questões produtivas (formulação corrente e errada na opinião do autor):

Qual é o pintor que vai pintar a parede e qual é o seu agendamento?

Este tipo de questão origina um procedimento de escolha seletiva, que é constituído por uma redutora necessidade, digamos quase final, de alocar o recurso pintor e de promover a disponibilização dos andaimes, das trinchas e da tinta.

Neste contexto, em que um dado pintor vai ser preferido no tempo para pintar aquela parede, verifica-se, conforme ilustração da Figura 1, que o objeto, no qual se foca o tempo são as paredes para serem pintadas, em que a referida parede, que ainda não está pintada é o motor das decisões, promovendo-se assim a confusão generalizada com bloqueios internos de potenciais pintores alocáveis.

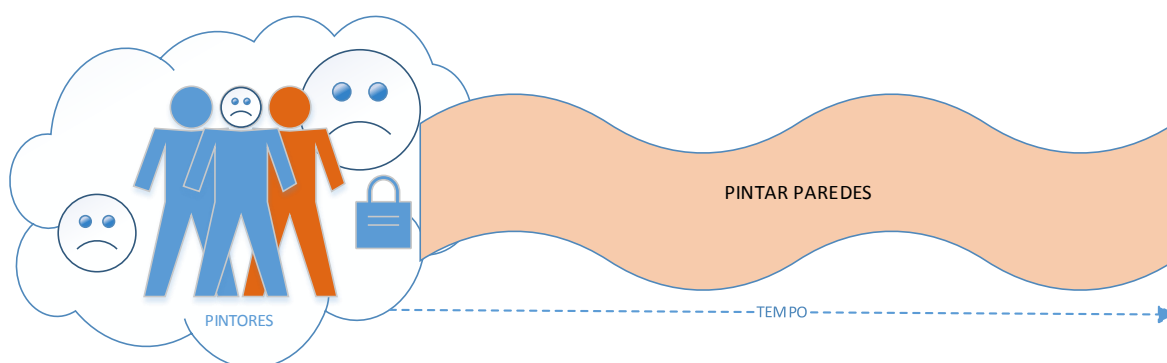


Figura 1 - Ilustração focal do tempo, na ação a desenvolver nas paredes a serem pintadas

Com a implementação da nova metodologia que se pretende desenvolver, o governante do sistema poder-se-á questionar da seguinte maneira:

Quais serão as consequências quantitativas sobre os custos, os prazos ou outros parâmetros, se eventualmente o pintor João Silva não começar a pintar aquela parede no dia e na hora em que foi programada, ou se o seu rendimento produtivo espectável sofrer grandes flutuações?

As respostas a essas questões serão vincadas pela modelação criteriosa do planeamento, assim como, a preocupação maior de aferição da realidade futura, proposição essa, que conforme ilustração da Figura 2, será reproduzida sistematicamente pelo sistema de controlo, cuja efetivação temporal poderá ser automatizada pelo próprio **João**.

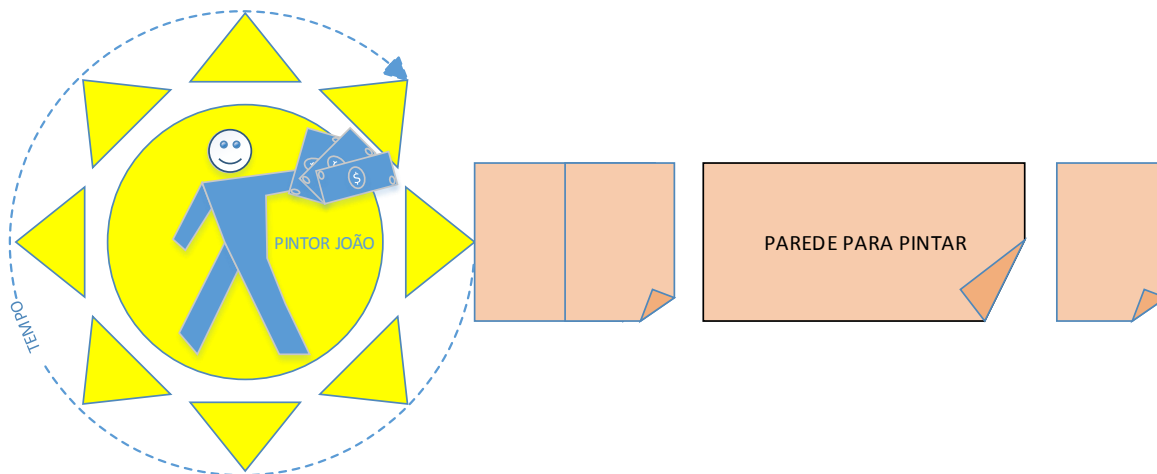


Figura 2 - Ilustração focal do tempo no indivíduo que vai pintar a parede

Neste quadro, teremos uma “parte” temporal (as duas horas) do pintor João, que é refletida inequivocamente na pintura da parede nº14, sendo de extrema importância a conquista perpétua daquele domínio de iteratividade no universo do planeamento pretendido, cujo propósito é um objetivo específico mais marcante deste trabalho.

Ainda, neste contexto, é importante identificar e esclarecer o conceito de **objeto redutível máximo** (ORM), ou seja para a materialização temporal efetiva (e sua modelação) de um dado objeto, é necessário processar a matéria e a energia através de processadores (exemplo, uso de recursos de mão de obra que apliquem os materiais) até ao deslumbre existencial do objeto pretendido se tornar realidade existe um limiar da dissociabilidade temporal elementar entre o objeto e seus processadores, isto é, para cada objeto existe um tempo adequado para o consumo de matéria e energia, de modo a se poder dar cobro à sua própria existência. Para um consumo temporal unitário, existe portanto, um limite existencial, para o qual é possível dissociar-se no tempo, a criação do objeto material da matéria e da energia necessária, objeto esse que, nesse limite existencial, designaremos por **objeto redutível máximo**.

Para um melhor esclarecimento deste novo conceito, tomemos o exemplo anterior em que por simpatia só seriam necessárias duas horas de pintor para pintar a parede nº14, tendo:

Objeto desejado: parede pintada nº 14;

Seja a quantidade mensurável de objeto a ser processado definida pela **Carga (Q)**: 20 m2 de parede pronta a ser pintada;

Rendimento espectável (r*) do recurso pintor, ou **taxa de produção (t*)**: 0,10 hora / m2;

Em que o tempo de processamento (**T**) necessário seria:

$$T = Q \times r^* = 20 \text{ [m2]} \times 0,10 \text{ [hora / m2]} = 2 \text{ horas}$$

Neste caso, o tempo **T** é menor que a unidade temporal de 8 horas laborais diárias, também designada por jornada de trabalho (**JT**). Assim, faria sentido escolher apenas um pintor (o João ou outro) para pintar a parede, ou poder-se-ia dizer que o pintor João irá pintar em duas horas do seu tempo diário disponível aquela parede.

Vejamos agora, o mesmo objeto (a parede nº14), com uma carga dez vezes superior:

Carga (Q): 200 m2 de parede pronta a ser pintada;

Em que,

$$T = Q \times r^* = 200 \text{ [m2]} \times 0,10 \text{ [hora / m2]} = 20 \text{ horas}$$

Neste cenário, a escolha de apenas um único pintor (o João) para pintar a parede poderá configurar-se inadequada ou até assertiva.

Vejamos, admitindo-se, como já referido, que a jornada de trabalho (**JT**) é de 8 horas, e de modo a garantir a continuidade da pintura (por imposição construtiva), iríamos necessitar de $20 \text{ horas} / 8 \text{ horas} = 2,5$ dias de trabalho do pintor João, impondo-se, assim, que a amplitude da atividade pintura da parede fosse inevitavelmente de 2,5 dias, pois só o pintor João é que estaria imputado para aquele fim. Por outro lado, se a carga do objeto parede (m2 da parede pronta a ser pintada) não ultrapassasse a carga do **objeto redutível máximo** que, neste caso, é igual a $JT / r^* = 8 \text{ [horas]} / 0,10 \text{ [hora / m2]} = 80 \text{ m2}$, seríamos conduzidos à criação de pelo menos três objetos igualmente instrumentáveis pelo governante, cujas cargas, por exemplo, seriam respetivamente:

Objeto (a parede nº14.1), **Carga (Q)**: 80 m2 de parede pronta a ser pintada;

Objeto (a parede nº14.2), **Carga (Q)**: 80 m2 de parede pronta a ser pintada;

Objeto (a parede nº14.3), **Carga (Q)**: 40 m2 de parede pronta a ser pintada.

Ou outra combinação, ou outra ordem, ou outro cardinal de objetos pré-estabelecidos pelo governante ou induzidos pelo sistema, desde que não fosse ultrapassado o limiar dos 80 m2 para qualquer um dos objetos redefinidos.

Desta maneira, a programação poderia surgir em combinações entre outros recursos-pintores e possivelmente a sua amplitude se aproximaria à de uma única jornada de trabalho, desde que fosse possível, por exemplo, a alocação de três pintores num determinado dia (do João, do Carlos e do Pedro, em meio dia de trabalho).

É, portanto, exigível o estabelecimento de uma mudança do paradigma, para quem quer governar o sistema de gestão de uma obra ou de um empreendimento com a metodologia agora proposta, devendo-se preocupar em termos **consequenciais**, em detrimento do enraizado visionismo para a constituição da ação. O recálculo futuro dos conceitos de comunicação e o melhoramento dos aspetos visuais dos instrumentos que se pretendem criar facilitaram a contextualização propriamente dita desta inversão.

Não querendo personificar-se o puro “holista”, a criação de uma ferramenta de uso global, que integre o planeamento dinâmico dos projetos *versus* objetos, considerando o holismo como pano de fundo, será um excelente contributo para o sistema da gestão de obras. A pretensão não é criar um robot que “faça” o planeamento, mas sim, um instrumento de uso simples, de grande agilidade, de forma à que qualquer indivíduo, seja qual for a sua condição interventiva, instrumentalista ou simples interveniente num dado processo, possa interagir nos processos.

A ideia passa por “romper” com o planeamento clássico e corrente, isto é, a “Barra” ou “as Setas com os Nós”, que são representativas das atividades, que “roubam tempo”, e são manipuladas, até daí, resultarem os prazos, as datas e a imputação dos recursos necessários, que conduzem a um processo de controlo que é feito só posteriormente. O surgimento de um novo conceito onde insurgem elementos condicionantes e que se **diluem** no espaço temporal condicionado por si próprio, constitui assim a mudança de paradigma necessária.

1.2 – Conceitos básicos de Grafos e Redes

Um grafo é uma representação visual (**abstrata**) de um determinado conjunto de dados e da ligação existente entre alguns dos **elementos** desse conjunto. A sua formulação constitui uma forte ferramenta na resolução de problemas. A sua representação apresentará vantagens na construção de um modelo matemático com vista à resolução desses mesmos problemas. Por esta razão é que muitas áreas do conhecimento como a matemática, a **engenharia civil**, a gestão, entre outras, recorrem à teoria de grafos para resolver os seus problemas.

Uma vez que as redes surgem em numerosos contextos e de variadas formas, muitos domínios têm contribuído com ideias importantes para a evolução do estudo de problemas de **fluxo** em redes. Assim, a forma mais simples de **modelar** matematicamente muitos problemas inerentes a esses domínios é efetuada através da utilização de **redes**. Constata-se que a literatura da teoria de grafos e de redes não se encontra uniformizada, pois vários autores adotam uma grande variedade de convenções e notações. Desta forma, podem-se formular problemas de fluxo em redes de diferentes formas-padrão e utilizar variadíssimos grupos alternativos de definições e terminologia. As definições e terminologia aqui adotadas são, na sua maioria, as que se encontram em AHUJA [et al.] (1993), que constituirão o suporte de desenvolvimento neste trabalho.

1.2.1 - Conceitos fundamentais de grafos

Um grafo é uma estrutura constituída por **dois conjuntos finitos**, um de vértices (nós) e outro de arestas (arcos), e pode ser representado por $G = (N, A)$, em que N e A são os conjuntos de vértices e arestas, respetivamente, com $A \subseteq N \times N$.

Cada aresta é representada por um par (i, j) , com $i \neq j$ e $i, j \in N$, em que i é a sua cauda (ou fonte) e j a sua cabeça (sumidouro); diz-se que (i, j) sai do vértice i e chega ao vértice j . Uma aresta diz-se dirigida (orientada) se for representada por um par ordenado de distintos vértices e não dirigida (não orientada), se for representada por um par não ordenado de vértices distintos.

Note-se que uma aresta que liga os vértices i e j representa-se por (i, j) ou por (j, i) . Um aresta dirigida (i, j) pode ser visto como um rio de um só sentido (de montante para jusante), que permite fluxo apenas de i para j e uma aresta não dirigida (i, j) pode ser visto

como uma avenida de dois sentidos, que permite fluxo em ambas as direções (de i para j e de j para i).

A aresta (i, j) é incidente nos vértices i e j . A aresta (i, j) é uma aresta de saída do vértice i e uma aresta de chegada do vértice j . O vértice j diz-se adjacente ao vértice i se (i, j) for uma aresta. Duas arestas são adjacentes se forem ambas incidentes relativamente ao mesmo vértice. Um vértice é de ordem k se tiver k arestas a ele adjacente.

Existem três tipos de grafos, o dirigido (orientado), onde todas as arestas são dirigidas; o não dirigido (não orientado), onde todas as arestas são não dirigidas e, por último, o misto, no qual se verifica que algumas arestas são dirigidas e outras são não dirigidas. Sendo que, o tipo dirigido (orientado) é que mais vai interessar para este trabalho, também designado por digrafo, o qual quando é ponderado (por pesos) é-lhe atribuído a denominação de rede.

A eficiência computacional de um algoritmo para resolver problemas de **otimização** em redes não depende apenas das suas características intrínsecas, mas também, e muito, das **estruturas de dados** utilizadas para representar a rede no computador (formas de armazenar e manipular os dados associados à rede) e para armazenar os resultados intermédios necessários ao **algoritmo**. Geralmente, para representar uma rede no computador são necessários dois tipos de informação, a **topologia da rede** (estrutura dos nós e dos arcos) e a dos **dados** (tempo, custos, capacidades, entre outros) associados aos nós e aos arcos.

Normalmente, o esquema utilizado para armazenar a topologia da rede irá sugerir, naturalmente, uma forma de armazenar a informação associada aos arcos e aos nós. As representações mais comuns de uma rede são conseguidas através da **matriz de adjacência** e da **matriz de incidência**, haverá outras formas que, neste trabalho, não serão utilizadas e daí a sua não referência.

1.2.1.1 - Matriz de adjacência

Seja uma rede dirigida $G = (N, A, C)$ com n vértices (nós), a arestas (arcos) e c pesos, a matriz de adjacência, ou mais exatamente a matriz de adjacência nó-nó, armazena a rede G numa matriz $M = \{m_{ij}\}$ quadrada de ordem n , em que cada linha e cada coluna

corresponde a um vértice (nó). Cada elemento m_{ij} da matriz assume um dos seguintes valores: 1 (se $(i, j) \in A$) ou 0 (se $(i, j) \notin A$).

Tendo-se para o exemplo na Figura 3, $M = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

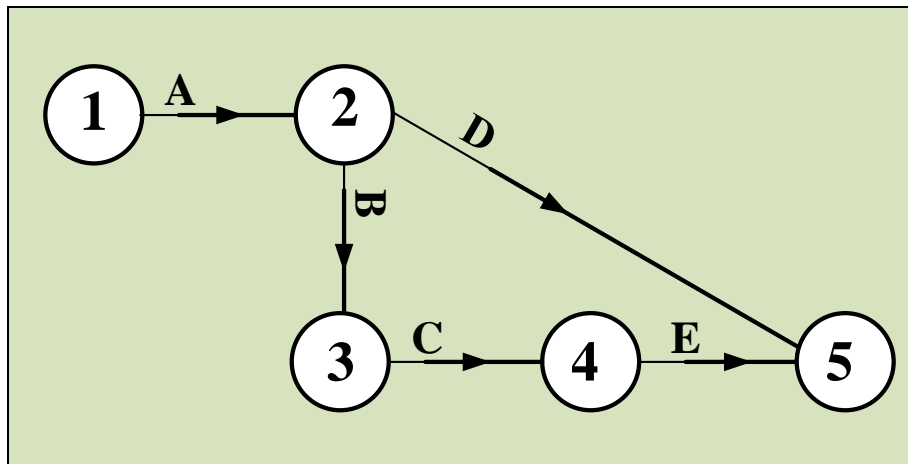


Figura 3 - Rede de atividades

Por outro lado, para cada parâmetro associado aos arcos da rede (tempo, custo, comprimento, capacidade, etc.) terá que existir uma matriz do mesmo tipo e para cada parâmetro associado aos nós terá que existir um vetor de n elementos.

Nas redes não dirigidas, que não serão objeto de tratamento neste trabalho, pode considerar-se que cada arco (i, j) corresponde a dois arcos dirigidos: (i, j) e (j, i) . Neste caso, a matriz de adjacência é simétrica.

A simplicidade da representação de rede permite implementar facilmente algoritmos de redes, pois pode-se determinar os parâmetros associados a qualquer arco (i, j) , tomando simplesmente o elemento (i, j) das respectivas matrizes, assim como obter facilmente os arcos que saem do nó i , examinando a linha i : (se o j -ésimo elemento dessa linha tem o valor um (1) então (i, j) é um arco da rede) e possibilita, por fim, obter os arcos que chegam ao nó j , examinando a coluna j (se o i -ésimo elemento dessa coluna tem o valor um (1) então (i, j) é um arco da rede).

1.2.1.2 - Matriz de incidência

Considerando uma rede dirigida $G = (N, A, C)$ com **n** **vértices** (nós) e **a** **arestas** (arcos), a matriz de incidência $B = \{b_{ij}\}$, ou melhor, designada por matriz de incidência vértice-aresta, armazena a rede G numa matriz constituída por **n** linhas e **a** colunas, em que para cada linha é associada a um nó e cada coluna a um arco da rede. Cada elemento (i, a) assume um dos seguintes valores: **1** (se a aresta **a** sai do nó **i**), **-1** (se a aresta **a** chega ao nó **i**) ou **0** (restantes casos).

Tendo-se para o exemplo apresentado na Figura 3, $B =$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Nas redes não dirigidas, os valores negativos (-1) são substituídos por positivos ($+1$), uma vez que todo o nó é considerado como *cauda* e como *cabeça* de um arco. Contudo, esta estrutura torna-se bastante ineficiente, tanto relativamente ao tempo de pesquisa, como ao espaço de memória necessário para o armazenamento dos dados, uma vez que a quantidade de elementos reservados para a rede é **n.a** e esta tem apenas **a** elementos para serem armazenados (ou **2a** se for uma rede não dirigida). Além disso, a quantidade de $(+1)$ numa linha é igual à quantidade de arcos que saem do nó correspondente, qualquer que seja o tipo de rede. Da mesma forma, em redes dirigidas, a quantidade de (-1) numa linha é igual à quantidade de arcos que chegam ao nó correspondente; consequentemente, a soma de $(+1)$ e de (-1) , numa linha, corresponde ao grau do nó que lhe está associado. Ahuja [et al.] (1993)

1.3 - Os Processos

Qualquer indivíduo terá uma própria definição de processo, pois já foi processado (quando nasceu), ou se encontra em processamento intelectual, pois existe, pelo menos, como leitor. Para o autor, tal conceito é cada vez mais vago, pois torna-se, por vezes, pouco processável pela sua capacidade cognitiva. A sua vida constitui um processo, dito de natural, onde quase tudo foi aparentemente e inaptamente programado pelo criador, através

da constituição de um caminho flexível, que é constantemente alvo de equilibração. Nesta programação exigente, que é recursiva, a procura da satisfação é uma constante. Em cada instante, todo o seu Ser, função do ambiente, se confunde com ele, reclamando a sua condição de vida, onde o tempo é algo indissociável das mudanças comportamentais de si no seu ambiente.

As transformações processadas no decorrer do tempo garantem a existência do processo, pelas quais os seus términos refletem o fim do processado, figurando-se apenas o seu eventual registo histórico, cuja lembrança poderá ainda continuar a ser processada. Como refere Jean-Louis,

“... Intervindo ativamente sobre fluxos que contribuem para processar no tempo, e ativando mais ou menos intensamente por campos que flutuam no tempo, lhe valerão por vezes ruturas de estabilidade, o artefacto Sistema Geral adaptar-se-á facilmente a uma representação fiel de todos os objetos, de todos os fenómenos que nos propomos conhecer, sobre ou nos quais pretendemos agir. Sugere-nos uma interpretação permanente dos universos a descrever como revestidos de objetos chamados campos de forças e de fenómenos chamados fluxos de objetos em processamentos.”. JEAN-LOUIS (1997)

Qual objeto, qual pensamento? A realidade é uma só?

A realidade à qual gostaríamos de nos fazer processar não é a do objeto sistemografado que queremos entender e materializar, mas aquela que o meio nos apresenta como intransmutável, função do processo decisório.

O processo, dito por outras palavras, será ditado pelas transformações mutantes que teremos de abarcar, para nos satisfazer no propósito de um dado objetivo, seja ele material ou do pensamento. A nossa dominância funcional pode ser estabelecida pela governação de fluxos de processadores elementares de matéria, energia e/ou informação, mencionados por J.MILLER (1977). Segundo proposto por SIMON (1969), o modelo sistémico dos processos decisórios levará a interpretar a fase da inteligência da decisão como um processo inesgotável de finalização.

Já, num contexto industrial, SILVA (2000) define processo como a maneira de realizar atividades em sucessões lógicas de estado ou de mudanças, ou seja, para aquele autor o processo é uma “caixa preta” que transforma um ou mais dados recebidos na entrada em um ou mais resultados na saída.

Na indústria da construção civil corrente, movida pela desordem, numerosos processos diferenciados de estados são iniciados sem a prévia sincronização de todas as transformações, o que conduz inevitavelmente a enormes perdas dos recursos básicos. A mitigação de tais prejuízos constitui um dos grandes objetivos deste trabalho, conforme iremos retomar esta temática no capítulo 2.

No âmbito da abordagem da Construção Enxuta, explanada em termos gerais, também no mesmo capítulo 2, será importante, desde já, estabelecer um novo contexto sobre a matéria dos processos e nesse sentido, é de se salientar o trabalho desenvolvido por KOSKELA (2004), relativamente à gestão de **processos**, no qual ele fez a transposição de onze conceitos para a construção, sintetizando aqueles conceitos na forma de princípios abstratos.

Tendo ainda o mesmo autor identificado aspectos de ordem prática, para cada um daqueles seus princípios, que ajudam a compreensão e a aplicação dos mesmos, dos quais, são de seguida apresentados:

- 1- Reduzir o número de atividades que não geram valor;
- 2 - Aumentar o valor do produto na perspectiva do cliente;
- 3 - Reduzir a variabilidade;
- 4 - Reduzir o tempo de ciclo;
- 5 - Simplificar através da redução do número de passos ou partes;
- 6 - Aumentar a flexibilidade de saída;
- 7 - Aumentar a transparência do processo;
- 8 - Focar o controlo no processo global;
- 9 - Introduzir melhoria contínua no processo;
- 10 - Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxos e conversões;
- 11 - Benchmarking

1. Reduzir o número de atividades que não geram valor

Tendo como finalidade a melhoria da eficiência dos processos e a redução dos desperdícios, como consequente melhoria das atividades, sugere-se que todas as atividades que não geram valor devam ser eliminadas, uma vez que consomem tempo, recursos e espaço. Todavia, nem sempre se deve proceder deste modo, visto que, muitas vezes, essas atividades não podem ser eliminadas por produzirem valores internos.

2. Aumentar o valor do produto na perspectiva do cliente

O aumento do valor na ótica do cliente pode ser conseguido através da identificação das necessidades dos mesmos e da sua consideração no projeto e na gestão da produção. Tendo em conta a existência de dois tipos de clientes: a próxima atividade e o cliente final, deve-se desenhar um fluxograma e definir as necessidades dos clientes em cada etapa, pois tem-se como objetivo a satisfação das expectativas do cliente e não da realização do processo de conversão.

3. Reduzir a variabilidade

Os processos de produção estão sujeitos a variabilidade, existindo vários tipos de variabilidade como, por exemplo, a matéria-prima. No entanto, deve haver uniformidade do produto final para corresponder às expectativas do cliente e para não aumentar as atividades que não agregam valor ao produto final. Assim, é conveniente medir a variabilidade, identificar as suas causas e eliminá-la, a fim de padronizar os processos.

4. Reduzir o tempo de ciclo

O tempo de ciclo é composto pelos tempos de transporte, espera, processamento e inspeção. Com vista à redução do tempo de ciclo para produzir um determinado produto, é crucial a identificação dos tempos improdutivos, com o objetivo de os eliminar. Por um lado, as ações de inspeção e de espera, por não agregarem valor ao produto final, devem ser diminuídas. Por outro, deve-se proceder a uma minoração dos trabalhos em andamento, diminuir os lotes de produção, definir layouts que minimizem o transporte, manter ritmos constantes, reduzir a variabilidade e mudar as atividades sequenciais em paralelas.

5. Simplificar através da redução do número de passos ou partes

A redução do número de passos ou partes está em relação com a racionalização dos processos. Quanto maior o número de passos ou partes de um processo, maior será o número de atividades que não agregam valor.

6. Aumentar a flexibilidade de saída

O aumento da flexibilidade de saída está relacionado com a geração de valor, na medida em que há a possibilidade de se alterar as características finais do produto, em

função das necessidades dos clientes, sem aumentar claramente os custos. Neste sentido, sugere-se a diminuição do tamanho dos lotes e do tempo de ciclo, a utilização de processos construtivos que permitam a flexibilização do produto e o uso de mão de obra polivalente que permita uma adaptação às mudanças da procura.

7. Aumentar a transparência do processo

A transparência do processo é necessária para tornar o processo observável, de modo a facilitar o controlo e o desenvolvimento do produto. Havendo a capacidade de observância dos erros, torna-se mais fácil a sua correção, implicando, assim, um maior envolvimento da mão de obra. Existem vários modos de aumentar a transparência do processo, tais como a remoção dos obstáculos visuais, a utilização de cartazes e sinalização luminosa para disponibilizar as informações relevantes da gestão da produção, o uso de indicadores de desempenho e implementação de programas de melhoria da organização e limpeza.

8. Focar o controlo no processo global

O processo deve ser considerado como um todo e não como soma das partes fragmentadas. Assim, a necessidade de procurar uma perceção holística do processo global é imperativa, dado que o entendimento do processo como um todo contribui para perceber o efeito de qualquer modificação pontual nesse mesmo processo e evitar o aumento das perdas. Portanto, o processo como um todo deve ser medido e controlado eficazmente.

9. Introduzir melhoria contínua no processo

É crucial a introdução de mecanismos que promovam uma melhoria no processo, de maneira a reduzir os desperdícios e a aumentar o valor. Assim, deve-se realizar a monitorização do desenvolvimento e das melhorias e promover o envolvimento dos intervenientes na organização.

10. Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxos e conversões

A eficiência dos processos depende da eficiência das conversões, mas também da maneira como os fluxos são tratados, por isso, deve ser mantido o equilíbrio entre as melhorias dos fluxos e das conversões. O incremento de eficiência é conseguido através

das novas tecnologias no sentido de reduzir as atividades que não agregam valor. Por conseguinte, deve-se procurar a racionalização do processo, avaliando a possibilidade de inovação tecnológica.

11. Benchmarking

O Benchmarking consiste num processo de aprendizagem com as empresas líderes. Neste sentido, é fundamental proceder ao levantamento das melhores práticas utilizadas, compreender os conceitos e adaptá-los à realidade da organização.

1.4 - Paradigma sistémico

MORIN (1977) refere que “há uma necessidade histórica de encontrar um método que detete e não que oculte as ligações, as articulações, as solidariedades, as implicações, as imbricações, as interdependências e as complexidades entre sujeito e objeto.” Constituindo-se esse o maior propósito deste trabalho, cujo objetivo foi se cravando nas ideias do autor.

Na Engenharia de Sistemas este paradigma envolve a aplicação de esforços para uma análise funcional dos processos. LE MOIGNE (1990) descreve conceitos básicos da **Sistemografia**, método esse que mais tarde, BRESCIANI (1977) num contexto mais operacional, faz uma descrição mais exaustiva. A sistémica constitui uma teoria de modelagem para sistemas complexos bastante popular, cujos reflexos advém da Teoria do Sistema Geral. Nesta teoria a questão privilegiada deixa de ser “do que isto é feito?”, passando o seu norte a ser sistémico sobre a questão “o que isto faz?”.

As premissas básicas que dão cobro ao paradigma sistémico, segundo BRESCIANI (1977) são:

- *a existência do sistema, com uma estrutura subjacente, constituída por um conjunto de elementos e pelas relações entre esses elementos, e com uma funcionalidade;*
- *a caracterização dos elementos internos, externos e de fronteira do sistema;*
- *a existência das propriedades de sinergia, globalidade e novidade;*

- a presença de um sujeito observador do sistema, de natureza complexa e com a possibilidade de ser externo, interno ou de fronteira;
- a possibilidade de o sistema receber do exterior, transformar internamente e transmitir para o exterior, através de uma fronteira, energia, matéria e informação;
- a identificação de relações de distintos graus de complexidade entre os elementos do sistema;
- a identificação de uma propriedade do sistema, caracterizada por sua estrutura e pelo seu funcionamento, denominada organização, que conduz o comportamento do referido sistema;
- a existência das propriedades teleológicas e de equifinalidade do sistema;
- a criação, no sistema, de condições restritivas e de perturbação, de características determinadas e indeterminadas devido à interação com o meio ambiente através de sua fronteira;
- a necessidade da existência de um campo de influência para provocar um fluxo de atividades;
- a possibilidade de manutenção de equilíbrio estrutural e funcional, ou seja, da manutenção do estado do sistema nas relações com o meio-ambiente, através do mecanismo da regulação;
- a possibilidade de mudança de estado com a emergência de novo estado, que caracteriza a criação ou a evolução, através do mecanismo de adaptação estrutural;
- a possibilidade da presença do fenômeno de auto-organização, decorrente da interação das atividades predeterminadas do sistema com as atividades autônomas e espontâneas dos elementos do sistema em um processo recorrente e;
- a possibilidade de transformações através de processos criativos, que podem ser decorrentes do fenômeno de auto-organização.

Capítulo 2: Técnicas e conceitos reducionistas para o planeamento e gestão de projetos.

Segundo diversos autores, para que um determinado projeto seja executado, será necessário um **planeamento**, uma **programação** e um firme **controle**. Tendo em atenção as múltiplas variáveis associadas às atividades, os projetos tornam-se complexos e de difícil governação. Dificuldade que é também motivada pela ressonância das várias formas de desperdícios retratadas neste capítulo, que promovem, assim, o distanciamento das metas pré-definidas pelos governantes.

Devido à complexidade manifestada no ventre desta temática dos projetos, que é constituída pela própria execução do projeto, vários são aqueles que pela indignação misturada e pela frustração reinante no mundo das certezas de suas decisões procuram alternativas válidas. Daí, perante a atualidade de um consumo atroz dos meios informáticos, aqueles indignados, com os quais o autor também se identifica, procuram soluções integradas de fácil instrumentação.

Dado que o setor da construção civil é marcado por ser uma das indústrias mais desordenadas, é exigido para a sua governação uma forte e permanente comunicação entre todos os intervenientes em perfeita sincronia, mesmo porque o tratamento de dados é cada vez mais complexo. Assim, surge também um novo conceito, o *Building Information Modeling*, (**BIM**), que pode ser considerado como um modelo de integração direcionado ao objeto.

2.1 - Planeamento

Segundo ROLDÃO (2007), um projeto pode ser decomposto em quatro fases principais, caracterizadas por englobarem diferentes tipos de **atividades e recursos** associados:

Conceção – Identificação da ideia, planificação inicial das atividades, estudos de viabilidade e financiamento, identificação de alternativas, análise de propostas, avaliação dos riscos associados, análise das condições de realização legais e obtenção das aprovações necessárias.

Desenvolvimento – Condução de estudos, constituição das equipas de trabalho e seleção de equipamentos, continuação do desenvolvimento dos trabalhos iniciados na fase anterior (reorçamentação, reconfirmação de cálculos e do planeamento base) e obtenção dos fundos necessários.

Implementação – Definição das especificações finais, concretização do que fora projetado na fase de conceção, constituição da equipa de trabalho, subcontratações, verificação da qualidade, direção e controlo das atividades, introdução de alterações sempre que necessário, acompanhamento e fiscalização da evolução do projeto com verificação e análise de desvios.

Conclusão – Libertação de **recursos**, registo de resultados e transferência das responsabilidades para o cliente, recorrendo aos procedimentos habituais de receção e ensaios com vista à receção definitiva.

Para definir, o que é o **planeamento** de um determinado projeto, existe uma enorme panóplia de definições segundo vários autores, das quais o autor também partilha grande parte dos seus entendimentos. O planeamento será, então, a objetividade em modular o espaço temporal, através de tentativas aparentemente firmes, de forma a recriar uma possível realidade futura, visionando aquilo que vai acontecer possivelmente durante a execução do projeto, tendo em conta a pormenorização das ações elementares, vertendo-se nelas as condições desejadas, que serão requeridas para a execução individual de cada uma daquelas ações, identificadas como necessárias. O resultado do planeamento é usualmente designado de **programa**, que se entende, desde já, por dinâmico.

Segundo TAVARES (1986), o programa do projeto deverá situá-lo convenientemente em três espaços: no espaço das metas e das especificações de quantidade e qualidade que se pretendem atingir; no tempo, com todos os prazos e datas a respeitar; e no espaço dos **recursos** onde se deve considerar toda a variedade de meios necessários.

Será no programa, que serão identificados os meios requeridos pelas ações, os quais deverão ser disponibilizados no tempo e para determinado local. Sendo que esta instrumentação, efetivamente ativa particulariza uma das principais funções da gestão de projetos, que é a de monitorização constante, para se verificar a disponibilidade daqueles meios, assim como, a da revisão das ações, que se demonstre necessária, face à ocorrência de eventuais desvios.

O gestor de projetos deverá ser capaz de dar respostas rápidas e assertivas num universo de grande complexidade, e por isso que segundo TAVARES (1987), deverá dispor de dois tipos de capacidades: facilidade de análise de uma estrutura relacional complexa e de percepção das consequências decorrentes de alterações possíveis a introduzir; poder de decisão e poder para concretizar (ou de garantir a concretização) das decisões tomadas.

As metodologias existentes para a análise de projetos começam por decompor o projeto em unidades básicas, designadas de “atividades” que se consideram elementares e se relacionam entre si. Seguindo-se as representações inteligíveis que sirvam os propósitos das análises sucessoras. Para BATTERSBY (1967), um projeto pode ser decomposto num conjunto de atividades inter-relacionadas a levar a cabo, em que por atividade entenda-se por uma operação, tarefa ou processo que consome tempo e quase sempre também outros tipos de recursos.

Perante um determinado projeto real, a maior dificuldade para o instrumentalista inexperiente, é **criar a estrutura analítica do projeto**, no qual as precedências entre as atividades, é a questão de maior pertinência, importando que essa abordagem seja feita de forma sistémica, podendo-se, num processo de rotulagem das atividades envolvidas nos projetos, colocar para cada uma das atividades quatro aspetos basilares: (1) quando iniciar esta atividade, quais atividades terão de ser imediatamente terminadas; (2) quando finalizar esta atividade, quais atividades terão de ser imediatamente iniciadas; (3) quando iniciar esta atividade, quais atividades terão de ser também imediatamente iniciadas e (4) quando terminar esta atividade, quais atividades terão de ser também imediatamente terminadas. Estabelecendo-se, eventualmente, por essa via os quatro tipos de ligações clássicas do planeamento (Início-Fim, Fim- Início, Início - Início, Fim-Fim).

Deslumbradas todas as atividades e as suas interdependências, e com o propósito de se estabelecer o **programa** do projeto, é feita uma representação esquemática, que se pretende que seja inteligível do problema e que sirva de base para as análises subsequentes, sendo o tipo de grafismo operacional com maior notoriedade na atualidade, ou seja, o grafismo que é conhecido por “rede de atividades”, conforme exemplo da Figura 3 do capítulo anterior.

Nessa rede de atividades composta por cinco acontecimentos (eventos) e por quatro atividades {A, B, C, D}, que são representadas por arcos orientados, é visível, que para

cada acontecimento pode-se fazer corresponder a finalização das atividades que neles convergem, ou ao começo das atividades que deles divergem, tornando-se assim claro as interdependências entre as atividades. Neste caso, temos nomeadamente: que o começo das atividades B e D dependem da conclusão da atividade A; que a atividade C só pode começar depois da atividade B concluir; que a atividade E só pode começar depois da atividade C concluir; e que o projeto só é concluído quando ambas as atividades, D e E estiverem concluídas.

Constatando-se assim, que a representação das redes de atividades é a base para as metodologias conducentes na elaboração do programa pretendido como resultado do planeamento, permitindo uma leitura fácil e quase instantânea das precedências entre as inúmeras atividades. Contudo se o número de atividades associadas ao projeto for elevado, o grau de complexidade aumenta, assim como a dificuldade de interpretação dos resultados, cabe então ao instrumentalista, definir com razoabilidade a escala, digamos, o grau de decomposição do projeto em atividades.

Sendo certo, que se a escala temporal e ou pormenor de decomposição das atividades for levemente conduzido pelo gestor, levará ao facilitismo da interpretação da rede, mas conduzirá a um desastre em termos de controlo do projeto, e mesmo, em relação ao seu efetivo planeamento, o projeto terá grandes dificuldades em se estabelecer.

É desejável que exista uma harmonia de escalas operacionais, função dos níveis interventivos de cada indivíduo, ou seja, para os executantes interessa uma descrição elementar que oriente constantemente as suas ações operativas. Para os governantes ou elementos de chefia, interessa uma abrangência de menor escala de decomposição, proporcionando uma leitura eficiente do todo, despreocupando-se dos pormenores não vinculados com suas responsabilidades. Nasce assim o conceito de hierarquias de redes, ou de níveis de planeamento a serem implementados para satisfação dos seus operantes e observadores.

Cabendo aqui evidenciar, um dos pontos-chave deste trabalho, que é o que diz respeito à escala (grau) de decomposição das atividades do projeto a ser governado, que foi desenvolvido nos capítulos 4, 5 e 6 deste trabalho, da qual se tornou objetivo de relevância prática, pois permite, como iremos desenvolver à frente, ter-se acesso nivelado por qualquer indivíduo a um planeamento personalizado / hierarquizado, que é unificado por todos.

2.1.1 Análise de redes de atividades – PERT/CPM

Uns dos principais objetivos do planeamento é, geralmente, aquele que está relacionado com a minimização do tempo para conclusão do projeto, tendo-se para esse propósito, ocorrido ao longo das últimas seis décadas o desenvolvimento de metodologias de análise de redes de atividades, nomeadamente o **CPM** (*Critical Path Method*) e o **PERT** (*Programme Evaluation and Review Technique*), já referenciadas no capítulo 1, sendo que, numa primeira abordagem, por via dessas técnicas, as questões relacionadas com a **utilização dos recursos** não eram consideradas, ou simplesmente ignoradas, passando a ideia de que os recursos seriam ilimitados.

Em virtude dos procedimentos necessários para a construção das redes definidoras nos dois tipos de análise CPM e PERT se mostrarem semelhantes, verificando-se apenas uma ligeira diferença no estabelecimento das durações para cada atividade, sendo que ambas são caracterizadas por estimativas, atualmente essas duas metodologias se confundem, e são denominadas de modo genérico por PERT/CPM. Contudo há que frisar que as durações das atividades no método CPM são de carácter determinístico, e no método PERT, tais durações se revestem sob a forma probabilística, na qual o valor da duração para cada atividade é identificado por um valor esperado, cuja probabilidade de ocorrência é de 50 %, metodologia essa que se vai prescindir do seu desenvolvimento, pois é redundante para a concretização deste trabalho.

O certo é que “não há omeletes, sem ovos”, sendo que os instrumentalistas são forçados a efetuar uma pós-análise relativa à questão relacionada com o planeamento da utilização dos recursos, da qual se rege num primeiro momento, pela duração do projeto e pelo valor mínimo ditado pela análise do CPM/PERT. A partir deste, com maior ou menor perícia, tenta-se articular de forma hábil as restrições temporais dos recursos, com o intuito de equilibrar os demais interesses de calendários dos recursos, conduzindo-se, por vezes, ao aumento do prazo inicialmente previsto como mínimo.

Neste processo de sucessivos remendos das soluções retalhadas, fica patente o necessário desmembrar atroz das metodologias existentes, que são aplicadas de forma não integrada, que por sua vez, conduzem a resultados bastantes fragmentados, ou que, quase sempre revelam um diminuto poder de controlar a execução dos projetos. Sendo a inversão deste contexto, um estímulo acrescido para a utilização generalizada da nova metodologia

integrada de planejamento, desenvolvida neste trabalho, que pretende ser alternativa válida para a criação do **programa** dinâmico de um projeto.

2.1.2 Método Francês *versus* Método Americano

Em termos da sua forma de representação gráfica, que dão suporte à técnica CPM/PERT, é dado conta que existem dois métodos de estruturação formal das suas precedências lógicas, o Método Francês e Método Americano. Sendo este último o de maior notoriedade, pois tira também partido da identidade das respectivas atividades aquando das visualizações das suas precedências.

Em seguida, é feita a explicitação geral das redes abordadas por cada um daqueles métodos, que é substanciada num pequeno exemplo de planejamento, conforme os dados apresentados na Tabela 1, de modo a possibilitar ao leitor uma efetiva distinção geral daqueles dois métodos:

Tabela 1: Dados para construção da rede CPM/PERT

Referência	Antecessoras	Sucessoras
A	----	E;B;E
B	A	C
C	B	G
D	E	----
E	A	D;F
F	E	G
G	A;C;F	----

Sendo o Método Americano o mais divulgado, sendo este também conhecido pelo método das setas, porque cada atividade é representada por uma única seta (aresta), que diverge e converge em determinados eventos (nós topológicos), conforme ilustrado na Figura 4.

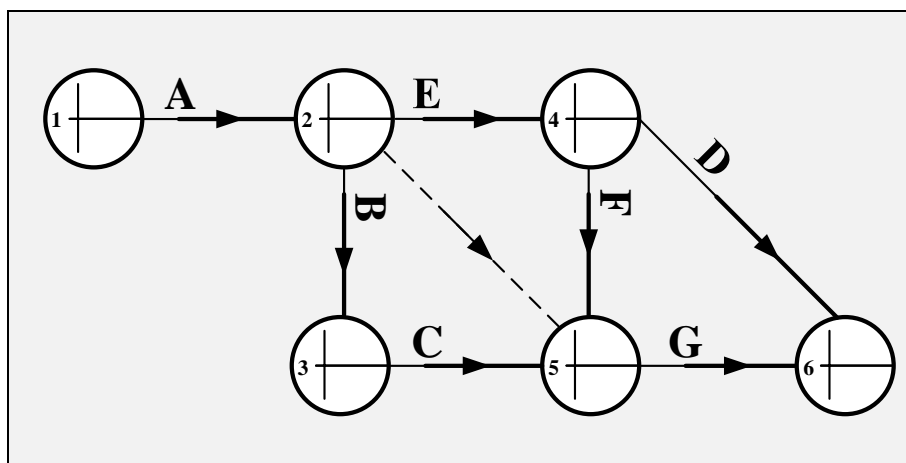


Figura 4 - Rede CPM/PERT, Método Americano

O Método Francês, também é conhecido pelas redes de Roy, uma representação gráfica onde as atividades são representadas por blocos (nós rotulados pela referência das atividades) e por setas, conforme ilustrado na Figura 5, representando as dependências entre as atividades, do tipo Fim-Início.

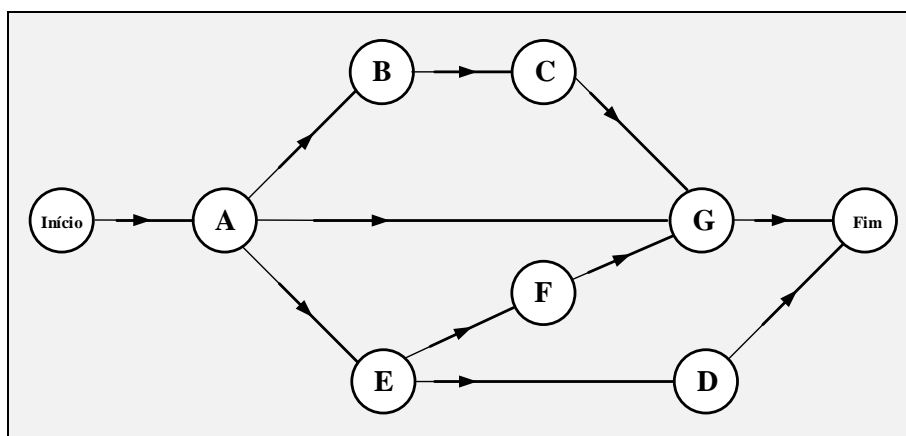


Figura 5 - Rede CPM/PERT pelo Método Francês

No método Francês, a implementação da estrutura de precedências é mais fácil, pois não necessita de utilizar atividades fictícias recorrentes pelo Método Americano, quando, por exemplo, duas atividades têm o mesmo evento de início e o mesmo evento de fim, ou quando é necessário transpor inícios ou fins de alguma atividade.

O Método Americano é, porém, o mais indicado quando se elabora a rede manualmente, pois permite o cálculo dos tempos e folgas, quer dos eventos, quer das atividades. Contudo, existe uma dificuldade extrema na sua implementação informática, pois existe naturalmente a possibilidade de ocorrerem nós (eventos) comuns entre as

atividades convergentes, o que faz “quebrar” a identidade das atividades, quando esta é suportada apenas pela topologia dos nós.

O Método Francês é o mais indicado para a implementação computacional, pois permite a definição das matrizes de dependências, adjacência e de ponderação da rede com maior simplicidade e assim, é também conseguida uma drástica poupança de memória computacional, permitindo simultaneamente uma visualização mais explícita dos resultados temporais, quando estes são evidenciados sob decalque nos eventos da própria rede. Sendo também de referir que o Método Francês é o método mais utilizado pelos aplicativos da indústria informática, nomeadamente, pelo aplicativo MS Project da Microsoft.

Contrariando a dificuldade denotada pela computação de redes, baseada no Método Americano, veremos, nos capítulos 4 e 5, que o mesmo método foi o requerido para a base de desenvolvimento e de implementação computacional subjacente à nova metodologia desenvolvida neste trabalho, pois permitiu uma sólida individualização e rotulagem para cada atividade/elemento/subsistema, sendo que o processo de rotulagem se evidenciara como essencial para a manipulação dos digrafos e dos digrafos ponderados, isto é das redes.

2.1.3 Definições para a metodologia CPM

A escolha do método, para um maior desenvolvimento neste capítulo, recaiu sobre o método CPM (Método Americano), pois é este o método, que em virtude da sua representação gráfica ser abundantemente utilizada no decurso deste trabalho. Nesse sentido, far-se-á uma explanação mais cuidada deste método, para o qual, com base na Figura 6, passar-se-á a descrever sucintamente as suas definições, relativas a todos os parâmetros definidores da rede/atividade, possibilitando a compreensão efetiva da metodologia CPM.

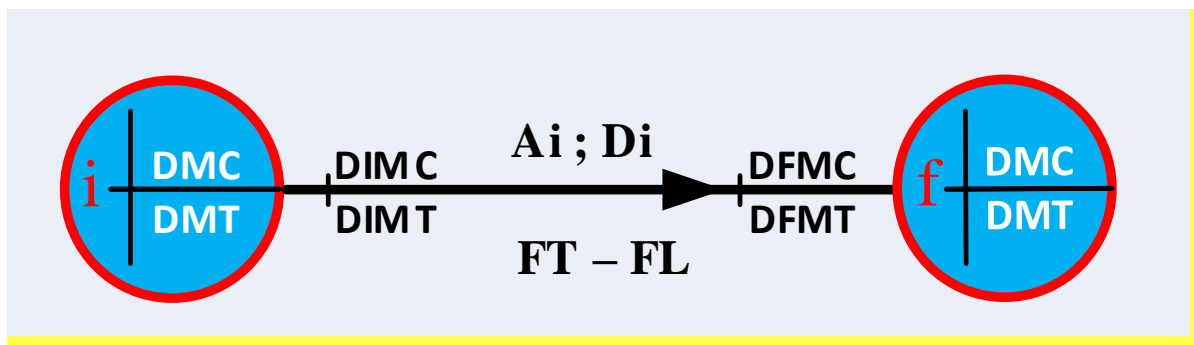


Figura 6 - Parâmetros definidores de uma atividade, A_i

Então, vejamos que cada atividade é representada por apenas uma inequívoca aresta (seta), que sai de um nó (evento) inicial (i) e termina num nó final (f).

Em que, para os eventos, temos as seguintes definições:

DMC – É a data mais cedo de acontecimento do evento inicial (i) ou final (f);

DMT – É a data mais tarde de acontecimento do evento inicial (i) ou final (f).

Em que, para as atividades, temos as seguintes definições:

A_i – É a referência da atividade, pela qual, ela é reconhecida;

D_i – É a duração estimada para a realização da atividade;

DIMC – É a data de início mais cedo da atividade, que é igual a DMC do evento inicial da atividade, ou seja, $DIMC = DMC_i$;

DFMC – É a data de fim mais cedo da atividade, que é igual a DMC do evento inicial da atividade mais a duração, D_i da atividade, ou seja, $DFMC = DMC_i + D_i$;

DFMT – É a data de fim mais tarde da atividade, que é igual a DMT do evento final da atividade, ou seja, $DFMT = DMT_f$;

DINT – É a data de início mais tarde da atividade, que é igual a DMT do evento final da atividade menos a duração, D_i da atividade, ou seja, $DINT = DMT_f - D_i$;

FT – É a folga total da atividade, que corresponde ao atraso máximo em que a atividade pode incorrer, sem comprometer o prazo final do projeto, e é dado por, $DMT_f - DMC_i - D_i$;

FL – É a folga livre da atividade, que corresponde ao atraso máximo em que a atividade pode incorrer, sem comprometer o prazo final do projeto, mas perturbando a duração das suas atividades sucessoras, e é dado por, $DMC_f - DMC_i - D_i$.

Por vezes, também é útil o conceito de folga independente da atividade, que corresponde a margem de tempo disponível, quando uma dada atividade precedente se conclui na data de fim mais tarde e a atividade sucessora é considerada iniciar-se na sua data de início mais cedo, e seu valor é dado por, $\max(DMC_f - DMT_i - D_i, 0)$, assim como, o conceito de folga dependente, que corresponde a $DMT_f - DMT_i - D_i$, indicando a possibilidade de atrasar a atividade até que a sua conclusão coincida com a DMT_f . Sendo estes conceitos utilizados num contexto de priorização das atividades e deteção de erros estruturais das redes.

Em relação ao cálculo das DMC e das DMT para cada evento, este é processado pela aplicação de um algoritmo funcional simples, de um só passo sucessivo, obtendo-se para o evento genérico (k) as seguintes datas:

$$DMC_k = \text{Max}_k \{ DMC_m + D_{km} \}$$

$$DMT_k = \text{Min}_k \{ DMT_n - D_{kn} \}$$

Em que:

- D_{km} representa a duração da atividade identificada entre o evento (k) e o evento (m).
- D_{kn} representa a duração da atividade identificada entre o evento (k) e o evento (n).

2.1.4 Exemplo de aplicação - CPM

Foquemos, agora, num pequeno projeto (atividade A1), que constitui um exemplo base de maior complexidade, cuja estrutura de precedências das atividades e respectivas durações foram imputadas na Tabela 2.

Tabela 2: Exemplo base, estrutura de precedências

Atividade: A1		Tipos de ligações (dependências)			
Referência	Duração	Início-Fim	Fim-Início	Início-Início	Fim-Fim
A2	5	----	A3; A4; A5	----	----
A3	10	A2	A8; A9	A4; A5	----
A4	10	A2	A6	A3; A5	----
A5	5	A2	A7	A3; A4	A6; A8
A6	15	A4	A7	----	A5; A8
A7	10	A6; A5; A8	A11	----	A10
A8	2	A3	A7	A9	A5; A6
A9	4	A3	A10; A12 [A13]	A8	----
A10	5	A9	A11	A13	A7
A11	10	A7; A10	A13	----	A12 [A9]
A12	0	A9	A13	A10	A11
A13	20	A12 [A9]; A11	----	----	----

O instrumentalista, para a concretização de tais imputações, poderá apoiar a sua discussão num gráfico de barras (Diagrama de Gantt), conforme representado na Figura 7. O gráfico de Gantt, que se configurou num dos primeiros métodos de planeamento, permitindo uma direta leitura paramétrica das atividades, é nos dias de hoje, mais vulgarmente utilizado na introdução de dados por via gráfica ou é utilizado para a demonstração dos programas de trabalhos resultantes da aplicação instrumental/computacional das redes.

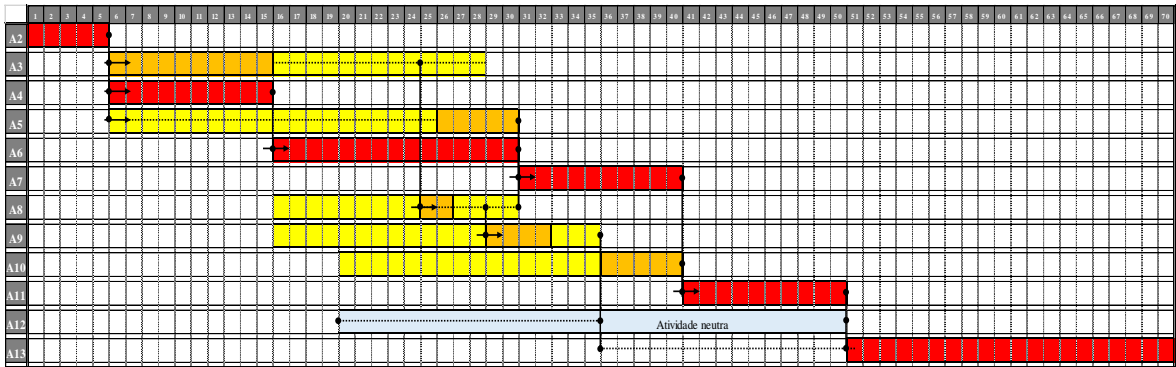


Figura 7- Gráfico de Gantt do exemplo base

Após uma exaustiva discussão em volta daquelas quatro questões referenciadas neste capítulo, para cada uma das atividades identificadas e eventualmente para outras à serem postuladas no procedimento, segue-se para cada atividade, a explicitação das atividades antecessoras e sucessoras, conforme consta na Tabela 3.

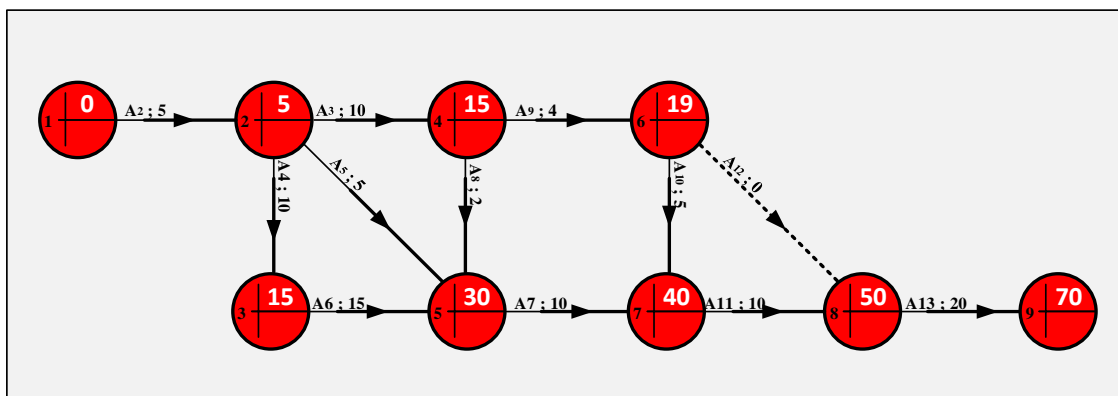
Tabela 3: Exemplo base, estrutura de precedências

Referência	Duração	Antecessoras	Sucessoras
A2	5	----	A3; A4; A5
A3	10	A2	A8;A9
A4	10	A2	A6
A5	5	A2	A7
A6	15	A4	A7
A7	10	A6; A5; A8	A11
A8	2	A3	A7
A9	4	A3	A10; A12 [A13]
A10	5	A9	A11
A11	10	A7; A10	A13
A12	0	A9	A13
A13	20	A12 [A9]; A11	----

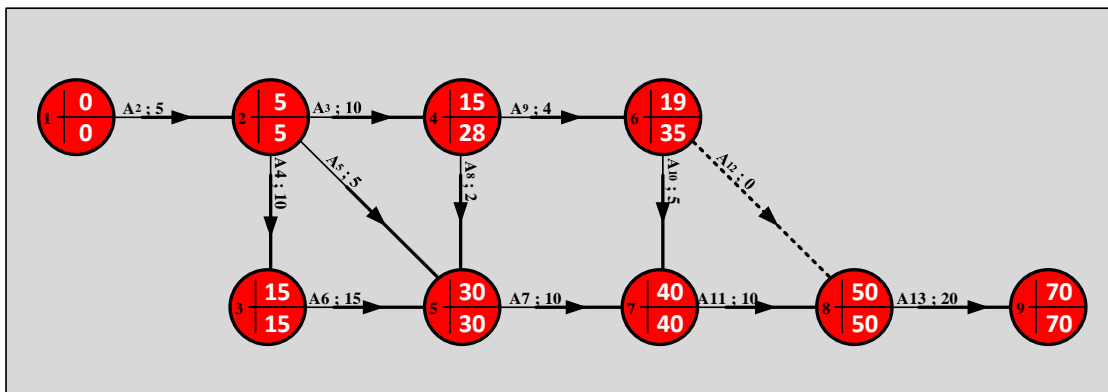
A partir desta fase de preparação de dados, estar-se-á em condições de se iniciar a criação da rede de atividades propriamente dita para aplicação da técnica CPM/PERT. Recomendando-se que a construção das redes de precedências para atividades identificadas deverá ser feita com o auxílio de um aplicativo informático dedicado para esse efeito.

Verifica que tais construções de redes não são estáticas no tempo, mas sim acompanham de forma dinâmica todas as modificações estruturais impostas por agentes exteriores ou intentadas pelos instrumentalistas, a fim de dar resolução as inúmeras restrições, que ocorrem naturalmente num processo de realização de um projeto ou parte deste. Embora cientes daquela necessidade informática, é feita de forma pedagógica, conforme os passos ilustrados na Tabela 4, a constituição e respetivo cálculo manual da rede de atividade pela técnica CPM, para o exemplo base corrente, na qual é utilizado o Método Americano de representação da rede de precedências, possibilitando ao leitor uma total compreensão do método aqui explanado.

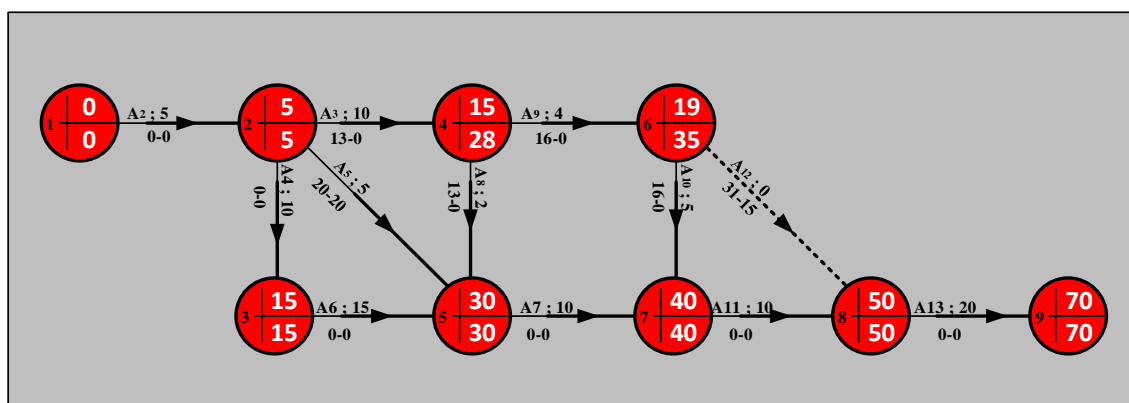
Tabela 4: Representação (Método Americano) e cálculo da rede CPM do exemplo base



1º) A primeira dificuldade que o instrumentalista enfrenta é lógica da configuração para a concretização do desenho efetivo da rede, (existindo alguns algoritmos que ajudam, mas que ainda não fazem tudo) procurando respeitar todas as dependências entre as atividades, evitando-se principalmente, a criação de ciclo internos, responsáveis por definir dependências de atividades em si mesmas; seguindo-se a determinação das DMCk para todos os eventos, pela soma das Di, no sentido [$>$], considerando DMC = 0 para o primeiro evento, e tendo atenção, que em eventos com mais de uma convergência se deve atribuir o maior valor [$>$].

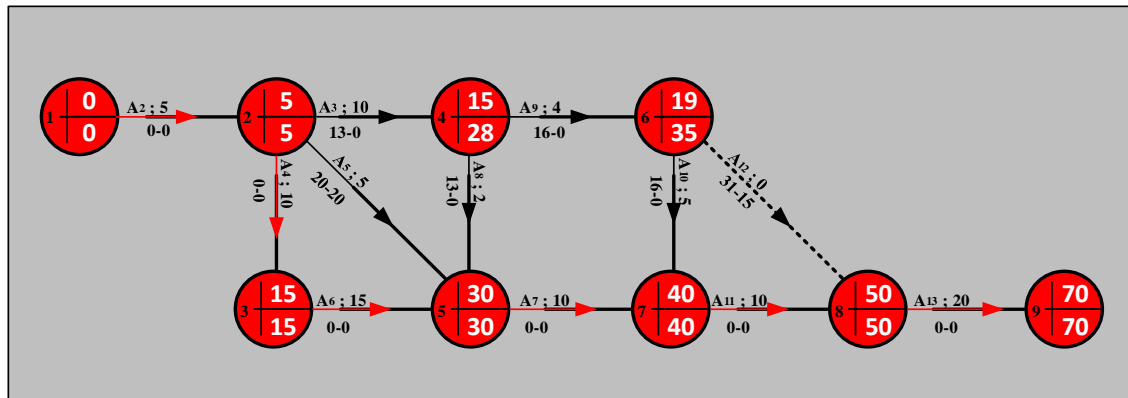


2º) Determinação das DMT_k de todos os eventos, pela subtração das D_i, no sentido [\leftarrow], considerando para o último evento, DMF = DMC, em que nos eventos com mais de uma convergência, se deve atribuir o menor valor [\leftarrow] determinado. Após a determinação das datas mais cedo e mais tarde dos eventos, segue-se a determinação das folgas, total e livre para cada atividade, conforme definido anteriormente.



3º) Determinação das folgas FT e FL para todas atividades A_i, identificando as atividades críticas, como aquelas que possuem as folgas totais e livres, simultaneamente nulas.

Tabela 4: Continuação



4º) Determinação do caminho crítico, como sendo o caminho correspondente às atividades críticas.

Tabela 4: Continuação

Como resultados, foram obtidos para além das datas dos eventos e consequentemente as datas das mais cedo e mais tarde e respectivas folgas das atividades envolvidas, o prazo para a realização do projeto (atividade A1), que foi declarado em 70 unidades de tempo, correspondente ao valor acumulado das durações estimadas ao longo do caminho definido pelas atividades consideradas críticas.

2.2 – Recursos

O conceito de atividade no seio de um projeto real será algo que, para além de necessitar do tempo para se definir, que consome recursos de natureza evolutiva, remetendo-se a uma inevitável dificuldade no discernimento dos custos associados, sendo que estes custos são ainda, por vezes, de difícil imputação até aos objetos já criados.

Devido à dificuldade em que se encontra uma classificação consensual, para a imensidão de recursos existentes à face da Terra, desde a água, a máquina de projetar betão, o homem, a tinta, o engenheiro, a equipa técnica, o sol, etc... uma possibilidade de

classificação que, segundo TAVARES (1987), interessa para a gestão de projetos é a que consiste em distinguir os recursos acumuláveis dos não acumuláveis.

Os recursos acumuláveis são passíveis de constituir *stocks*, que vão alimentando as necessidades temporais programadas do projeto, por exemplo, os materiais como a tinta, e a energia, e o gásóleo. Já os recursos não acumuláveis, que são simplesmente usados ou utilizados no decorrer do tempo, não existe forma de afetá-los num futuro de forma a recuperar os seus não usos num passado, mesmo que recente. Embora se tenha ocorrido em custos, os mesmos podem não ter contribuído para a execução de uma dada atividade como, por exemplo, o recurso da mão de obra de um pintor que não pintou, porque estava a chover, contudo, o tempo para sua disponibilização teve custos salariais indevidamente programados.

É claro que os meios necessários para a produção das atividades são normalmente custeados no tempo, em que os recursos são gastos, consumidos ou utilizados. A imputação é o procedimento de contabilização dos custos levados a cabo na concretização de um projeto ou de uma atividade. Quando ainda estamos num cenário de futurismo em termos de planeamento, o procedimento de imputação, poder-se-á chamar de afetação. O termo alocar também se pode confundir com a afetação, o que será correto, pois alocar implica também definir o calendário do recurso.

A eficiente afetação dos recursos torna-se fundamental para qualquer planeamento se tornar eficaz. Não é suficiente que o planeamento se restrinja apenas ao sequenciamento lógico das atividades. É no espaço dos recursos que tudo é restrito ou empurrado, pois não será louvável que se realize projetos independentemente dos seus custos imputados, sendo também imperioso que a disponibilidade dos recursos seja programada em sincronismo com as questões temporais do planeamento.

Essa vincada relação entre a governação do tempo programado no planeamento e o espaço temporal dos recursos, sem dominância pelo governante, constituiu mais um desafio. Sendo que a dominância daquele entrelaçado novelo de interesses é conquistada pela nova metodologia de planeamento integrado, preconizada neste trabalho (ver capítulo 4 e 5).

2.2.1 Recursos acumuláveis

Para o gestor de projetos, uma das suas principais preocupações relativamente aos recursos acumuláveis será o controlo eficiente dos *stocks*. É exigido que para um determinado recurso programado, quando requerido pelo planeamento, este se encontre **disponível**, o que, por vezes, não acontece.

A gestão de *stocks*, cuja disciplina é extremamente importante e específica, não será alvo de desenvolvimento neste trabalho, ficando, contudo, relevada uma das questões-chave nessa matéria. Relativamente às necessidades acumuladas pela programação, estas necessidades deverão a qualquer momento se situar abaixo das quantidades acumuladas disponíveis, existindo assim uma folga de segurança, conforme programa ilustrado na Figura 8.

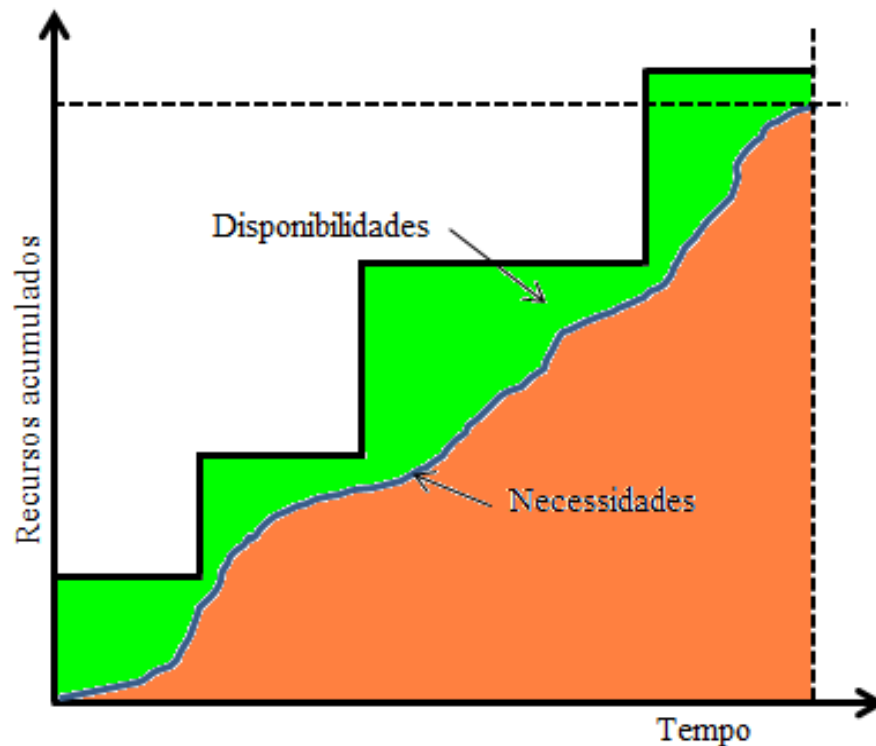


Figura 8 - Programa das necessidades dos recursos versus disponibilidade

A área sombreada superiormente apresenta a acumulação da disponibilidade, que poderia ser menor ou até mesmo maior, sendo este cenário alvo de inúmeras questões associadas aos riscos, aos custos, entre outras. Exige-se contudo, que seja feita uma governação afincada, tendo em atenção todos os projetos em execução.

Desde já, verifica-se a enorme semelhança gráfica da Figura 8 com o grafismo para a representação do tipo de recurso R2 (materiais, acumulável), Figura 9, desenvolvido no capítulo 6, no âmbito da descrição da nova metodologia proposta neste trabalho, para a qual se verifica o acompanhamento diagonal do consumo de um determinado recurso durante o processo de criação de um dado produto.

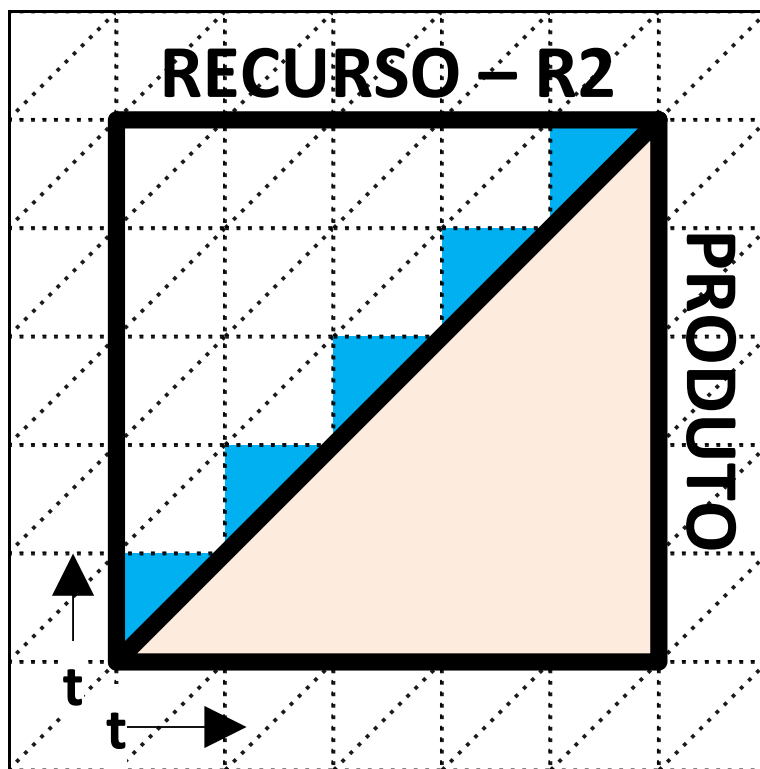


Figura 9 - Tipo de recurso R2

2.2.2 Recursos não acumuláveis

Em relação aos recursos não acumuláveis, é notório o destaque que se dá à mão de obra, pois, na maioria dos projetos correntes de construção civil, estes representam cerca de 40% do custo global do projeto.

Sendo este tipo de recurso sensível a um leque muito grande de desperdícios, que são motivados por fatores, desde sociais, até a desadequadas decisões. Será, portanto, muito positivo para o êxito do projeto, um melhor cuidado na gestão destes tipos de recursos, na qual se centra na minimização dos desperdícios.

Na Figura 10, é apresentado, a título de exemplo, um diagrama de recursos não acumuláveis, referente ao número de pintores a serem alocados por hora, isto é, representa a distribuição temporal do número de pintores/hora.

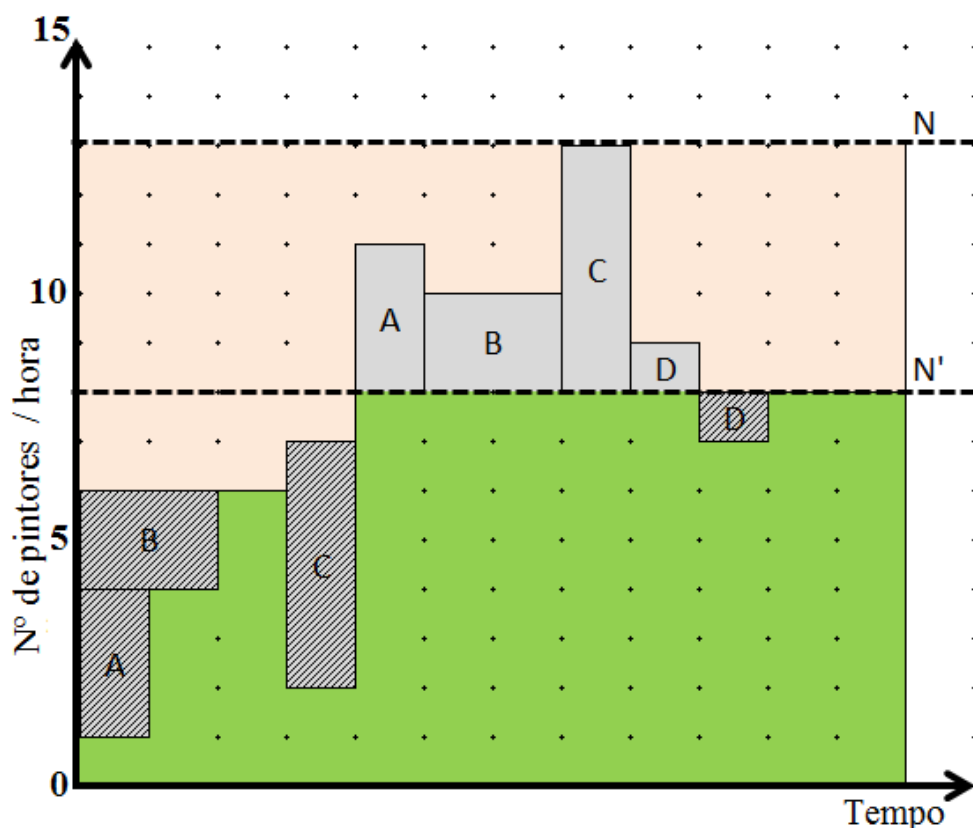


Figura 10 - Diagrama de cargas dos recursos pintores

Pela leitura deste diagrama, verifica-se que para dar cumprimento a esta solução preconizada pelo planeamento seria necessário dispor de uma equipa de treze pintores, $N=13$, o que se manifestaria num enorme **desperdício**, patente nas zonas sombreadas superiores à base do diagrama.

Contudo, esse prejuízo poderá ser minimizado, se o número de pintores se estabelecer, em oito efetivos pintores, $N'=8$, sendo necessário para que isso aconteça, promover-se, a uma regularização dos efetivos necessário do recurso pintor, procurando eventualmente redefinir as datas resultantes do planeamento ou atentos aos picos evidenciados, procurar cobrir aquelas necessidades com a implementação de políticas de turnos ou estipular horas extraordinárias a serem realizadas pela equipa dos oitos efetivos, sendo que, nessa hipótese, ocorrerão sempre maiores custos de laboro, resultando numa solução globalmente não vantajosa em termos financeiros.

2.3 - Desperdícios na produção (construção)

Lean Construcion, a Construção Enxuta, é um modelo de planejamento e gestão da construção, em grande desenvolvimento, impondo-se como uma metodologia mais frutuosa da atualidade, para aqueles, que se focam na minimização dos desperdícios do processo produtivo, agregando assim, valor ao produto final.

No âmbito desta linha de pensamento, foi proposto por KOSKELA (2004), uma teoria designada de **TFV** (Transformação, fluxo e valor), na qual a produção é composta por um fluxo contínuo de materiais e ou informações desde a matéria-prima até ao produto final. Sendo esse fluxo, conforme Figura 11, constituído por atividades de movimento, espera, processamento e inspeção.

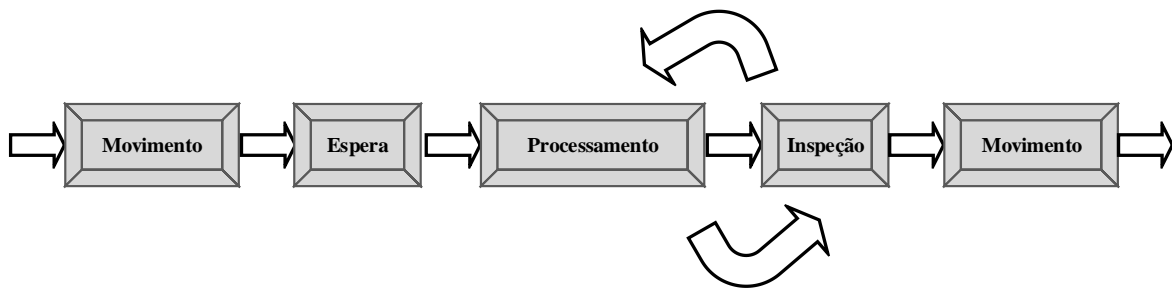


Figura 11 - Fluxo de processamento, segundo a teoria TFV de KOSKELA (2004)

Considerando-se, a existência de dois elementos no processo produtivo (construtivo), os de conversões (processamentos) e os de fluxos, o conceito de **desperdício** está fortemente associado à noção de valor. Sendo que o conceito de desperdício estará para além das considerações do **prazo** e dos **custos** necessários para realizar determinado produto, pois o erro no uso ou no consumo de recursos também se traduzirá, efetivamente, em desperdícios de difícil contabilização.

Segundo LINKER e LAMB (2000), existem sete principais tipos de desperdícios, Figura 12, postulados pela filosofia Lean que são:

- a superprodução, não é admissível produzir-se para além do necessário, incorrendo-se em custos precipitados;
- a elaboração de partes e produtos defeituosos, impedindo assim continuidade do fluxo;

- o *stock*, este mecanismo de segurança eventualmente necessário torna-se, por vezes desajustado por falta de uma gestão cuidada, conduz a custos de ocupação de espaços desnecessários;
- o movimento, qualquer movimento não necessário também é considerado desperdício, pois pelo menos gasta energia;
- os processamentos desnecessários, não acrescentem valor, também são considerados desperdício;
- o transporte desnecessário, causam custos, que também não acrescentem valor, também é considerado desperdício;
- o estado em espera de materiais, de equipamentos e da mão-de-obra, que geram custos e não agregam qualquer valor ao produto final.



Figura 12 - Desperdícios, postulados pela filosofia Lean, segundo LINKER e LAMB (2000)

KOSKELA (2004) ainda acrescenta um outro tipo de desperdício, que se verifica quando uma determinada atividade começa sem que todos os meios necessários para sua execução estejam aptos, ou quando a execução da atividade continua, após acabar a possibilidade de pelo menos um dos meios necessário, o qual designou de “**making-do**”.

Uma outra forte componente do desperdício da mão de obra está subjacente nas margens de tempo adicionais de segurança, que são consideradas nas estimativas das atividades envolvidas no projeto, sendo este tema desenvolvido na explanação da técnica da Corrente Crítica explicitada no capítulo seguinte, sendo também nesse momento escamoteado o desperdício referido por KOSKELA (2004).

É neste propósito de otimização através da radicalização dos desperdícios que se propõe, ,assim, uma nova metodologia de planeamento e gestão de obras de forma mais **sustentável**, comungando, desde já, da necessidade para a mudança efetiva, da perspetiva reducionista para uma abordagem global, verdadeiramente integrada.

Ainda se poderá acrescentar mais um tipo de desperdício para aquela lista, que tem a ver com uma clara **definição em fase de projeto** como, por exemplo, uma desadequada definição, que o projetista impõe para a dimensão de um determinado corredor de um edifício, em **1,45** m de largura. Vejamos que em função do tipo de pavimento exigível para aquele tipo de edifício, poderemos apontar algumas soluções, nomeadamente: madeira (tipo soalho), peças em granito, cerâmico, entre outros.

Como é óbvio, existe no contexto do mercado dos materiais de construção, um esforço em padronizar a geometria, pelos quais os elementos de construção são fornecidos, sob pena de encarecerem os respetivos materiais/elementos, quando se pretende fabricar (por encomenda) fora da linha de produção fabril padronizada. Nomeadamente, quando está definido o pavimento do corredor em madeira, pode-se admitir que as régua sejam ser fornecidas em larguras padrões de 10, 12, 15 e 20 cm. O que acontece em termos de desperdício?

Serão necessárias 14,5 linhas de régua de 10 cm, ou 12,08 linhas de 12 cm, ou 9,66 linhas de 15 cm, ou, finalmente, 7,25 linhas de régua de 20 cm. Ou seja, inevitavelmente irão ocorrer desperdícios de materiais e de mão de obra, logo de custos, associada a preparação de tais peças. O mesmo se poderá configurar para as peças de granito ou cerâmica, cujas geometrias não sejam divisores geométricos daquela largura de 1,45 m.

Este tipo de desperdício poderá ser evitado, tendo-se por base uma visão holística do planeamento versos a definição das metas relativas à qualidade e quantidades do projeto invocadas no início deste capítulo, cuja base para sua implementação passará forçosamente pela implementação da metodologia **BIM** (*Building Information Modeling*), descrita de forma geral também no capítulo seguinte.

2.4 - Desvantagem da aplicação de técnicas e conceitos reducionistas

Após várias observações da temática do planeamento no decorrer da pesquisa realizada e em contexto da docência e da administração de obras, e complementado por SANTOS (2001), as principais desvantagens inerentes à aplicação das técnicas e conceitos reducionistas são:

- a difícil compreensão e visualização por parte do pessoal técnico da obra;
- a necessidade de especialistas para a geração e atualização dos planos;
- a retroalimentação trabalhosa no caso da CCPM;
- a dificuldade para os projetistas e instrumentalistas para estimarem as durações pessimista, otimista e o mais provável de cada atividade;
- a dificuldade de aplicação devido à variabilidade nas durações e imprecisões nas estimativas das atividades e recursos;
- no caso do PERT e CPM, considera-se apenas o caminho crítico das durações prováveis do projeto;
- em relação às atividades que se repetem durante a execução do empreendimento, cada repetição é representada como uma atividade única, resultando em redes muito extensas;
- nas aplicações da construção são necessárias muitas estimativas de tempo, o que pode consumir bastante tempo;
- foi desenvolvido para projetos onde a restrição é o tempo, não a utilização dos recursos e o controlo dos custos;
- não garante a continuidade de trabalho das equipas, o que é a parte mais importante do planeamento operacional na construção;
- não representa as relações tempo-espço que existem entre as atividades;
- a incerteza e a natureza dinâmica dos processos são negligenciadas;
- a alocação de recursos para realização das atividades do projeto não se ajusta às necessidades da indústria da construção;
- é mais apropriado para operações sequenciais de tipo de fábrica em sistemas fechados;
- não representa explicitamente a confiabilidades dos fluxos;

- perdem oportunidades de guiar os trabalhos no estaleiro de obras pelo facto de não mostrar os recursos e as suas alocações;
- não representa as atividades de preparação para a execução de uma atividade, acarretando desperdícios de tempo, aumento nos custos e interrupções no fluxo de trabalho.

2.5 – Corrente Crítica

Neste contexto de complexidade, surge, na base da Teoria das Restrições, (*Theory of Constraints* - TOC), desenvolvida pelo físico Eliyahu M. Goldratt, nos anos 80, uma abordagem designada de Corrente Crítica ou *Critical Chain Project Management*, (CCPM), voltada para a **administração dos prazos**, cuja atenção se concentra no recurso “gargalo”, que se concebe como sendo uma restrição dentro do sistema, que impossibilita atingir os objetivos maximizantes do projeto GOLDRATT (1998).

2.5.1 Introdução à Teoria das Restrições – TOC

As técnicas tradicionais de gerenciamento de projetos, PERT/CPM, que já por si são reducionistas, são fortemente comprometidas pelas abusivas estimativas postuladas para as durações das atividades, nas quais são sucessivamente aplicadas margens adicionais, por questão de proteção, sem qualquer critério entendível, a não ser o medo de se errar por causa das incertezas. GOLDRATT (1998) identifica três mecanismos usados para proteger aquelas estimativas, que são:

- Desejar que uma determinada atividade tenha uma grande probabilidade de se concluir no prazo pré-estabelecido, de modo que tais estimativas sejam concretizadas por uma visão pessimista;
- O segundo mecanismo ocorre quando uma sequência de atividades passa por diferentes departamentos e níveis hierárquicos, em que, para cada nível, se vai somando uma nova margem de segurança;
- O terceiro mecanismo tem a ver com a capacidade que o instrumentalista tem em antecipar os cortes que a administração tendencialmente efetuará. Normalmente, esta irá cortar uma elevada parte do prazo (20 à 30%), no entanto, isso nem sempre acontece.

GOLDRATT (1991) define a TOC como uma filosofia global do gerenciamento empresarial. Segundo o mesmo autor, a **Produção Otimizada** (*Optimized Production Technology* – OPT) consiste também numa filosofia de produção virada para a **administração da produção**, capaz de orientar a empresa no planejamento e no controle de suas atividades, assim como no processo de aprimoramento contínuo, de forma que a empresa consiga resistir a um ambiente fortemente competitivo. Sendo nove as regras dessa tecnologia OPT:

- 1 – Balancear o fluxo, não a capacidade;
- 2 – Restrições determinam a utilização de não gargalos;
- 3 – Utilização e ativação de um recurso não são sinónimos;
- 4 – Uma hora perdida num recurso gargalo é uma hora perdida no sistema;
- 5 – Uma hora economizada num recurso não-gargalo é uma miragem;
- 6 – Gargalos governam os processos e o inventário num sistema;
- 7 – O lote de transferência não poderia e, muitas vezes, não deveria ser igual ao lote de processamento;
- 8 – O lote de processamento deveria ser variável e não fixo;
- 9 – Programações deveriam ser estabelecidas, depois de analisadas todas as restrições.**

Esta última regra torna-se **quase** impossível, pois as restrições são resultados de uma dada programação e, portanto, aparentemente não podem ser pré-determinadas. Deste modo, pretende-se dar mais um contributo para o gerenciamento de projetos, pois, conforme retratado nos capítulos subsequentes, todas as restrições serão consideradas permanentemente na programação do sistema, as quais corresponder-se-ão às designadas **variáveis primitivas**.

GOLDRATT e COX (1994) elaboraram o Método dos Cinco Passos, que estabelece a base para criação dos aplicativos que buscam a solução por via da TOC, no âmbito da administração e controle da produção. Idealizando uma corrente, cujo elo mais fraco é representativo de uma dada restrição (gargalo), que dita a resistência da corrente, como sendo fraca num determinado instante.

Será aceitável que resolvendo-se essa restrição, aumentar-se-á a resistência global da corrente. Goldratt apresenta cinco passos com foco no **processo**, pois compreendeu que o sistema tem uma meta e que existe sempre uma restrição.

Os mesmos autores consideram que os cinco passos do método são:

- 1 – Identificar a restrição do sistema;
- 2 – Decidir como explorá-la;
- 3 – Subordinar tudo às decisões de como explorá-la;
- 4 – Elevar a restrição;
- 5 – Voltar à primeira etapa se numa das etapas anteriores à restrição for quebrada, não permitindo que a inércia se torne a restrição do sistema.

2.5.1.1 – O Desperdício temporal

Curioso ou até inquietante, será o facto de que, apesar de tantas proteções e considerações, nada seja dado como certo, pois sempre existem atrasos na conclusão dos projetos, e os custos também se desnorteiam com regularidade. Existe simplesmente a desculpa disto ou daquilo, que nada resolve em abono dos prejuízos. A questão que se põe aqui é a do **desperdício temporal**. GOLDRATT (1998) esclarece três mecanismos, que potencializam a ocorrência daqueles fracassos, que são nomeadamente a “Lei de Parkinson”, a “Síndrome do Estudante” e a “Multitarefa”. Vejamos de seguida cada um destes mecanismos causadores de desperdícios temporais, que conduzem à degolação daquelas previsões ditas de protegidas:

2.5.1.2 – A “Lei de Parkinson”

Geralmente, as pessoas envolvidas na realização das atividades não são estimuladas para relatarem aos seus superiores o facto do término das atividades ter sido antecipado, pois receiam que tal comunicação implique, no futuro, uma redução das durações estimadas para as atividades do mesmo género.

Neste mecanismo denota-se uma forte gestão do tempo por parte dos executantes, em que a realização de uma dada atividade tende a preencher todo o tempo disponível para a sua realização, esquecendo-se, porém, que a respetiva duração foi pré-determinada por uma grosseira estimativa.

Mesmo que uma dada atividade seja concluída em antecipação e comunicada, verifica-se, por vezes, o desagrado dos responsáveis das atividades subsequentes, pois,

para além de serem forçados a replanear os recursos afetos, constataam, por vezes, a indisponibilidade de alguns deles, provocando-se distúrbios organizacionais desnecessários.

2.5.1.3 – A “Síndrome do Estudante”

Um estudante, perante uma atividade académica para ser concretizada, seja a realização de um trabalho ou do estudo necessário para um exame, o primeiro pedido que endereça ao professor é “mais tempo...”, na lógica da conquista de uma segurança temporal associada à duração da sua atividade intelectual. O mesmo ocorre quando se adiciona margem de segurança às estimativas feitas para as atividades de um projeto que vai ser executado.

Em relação ao estudante, este depois de ter conquistado a segurança adicional requerida, projeta erradamente uma duração mínima possível para a realização daquela atividade, levando-o a esquecer-se da sua responsabilidade por uns tempos, e assim empurrar a data de início daquela atividade para frente.

Aliado ao início da atividade intelectual para o último momento, que o estudante considera intransponível, segue-se geralmente o fracasso, pois, para além do estudante ter desperdiçado todo aquele tempo extra conquistado e outros já previamente considerados pelo professor, não consegue cabalmente executar a sua atividade, pois só começou a sentir as reais dificuldades do estudo, quando deu início à sua atividade, e aí já foi tarde. No mundo dos projetos, tratando-se de uma atividade, que consiste na realização de algo físico, este mecanismo conduziria a um efetivo atraso da atividade e consequente atraso do projeto ou a uma fabricação defeituosa.

2.5.1.4 – A “Multitarefa”

Goldratt admite ainda um terceiro mecanismo de perda de tempo, que consiste na multitarefa, como sendo um fenómeno que causa desperdício das margens de segurança aglutinadas nas durações que foram consideradas aquando das estimadas realizadas para as atividades.

Para um determinado projeto, conforme Figura 13, é apresentada a programação de quatro tarefas, designadas por A, B, C e D, em que todas elas são dependentes

integralmente de um único recurso **r1**, e tendo-se estimado 4 dias para a duração de cada uma delas. O que implica que, na melhor das hipóteses, todas elas serão finalizadas no prazo mínimo de 16 dias, pois todas carecem da disponibilidade do mesmo recurso, **r1**.

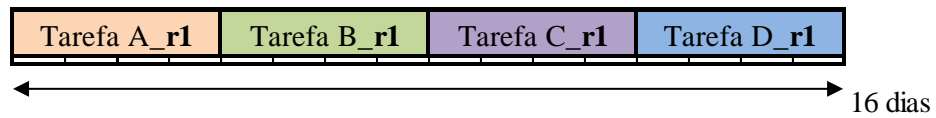


Figura 13 - Prazo mínimo de 16 dias para finalização das tarefas A, B, C, e D

Sendo a escassez de recursos uma situação vulgar no setor da construção civil, quando nesse quadro um determinado recurso comum é pressionado internamente ou externamente a iniciar tarefas, sem ter finalizado uma outra que estava a executar naquele momento, os problemas tendem a multiplicar-se, nomeadamente, no que respeita ao incumprimento dos prazos, ao aumento dos custos de produção e a uma eventual diminuição da qualidade dos trabalhos.

De modo progressivo, conforme ilustrado na Figura 14, uma multitarefa vai-se formando pelo resultado da soma de inícios transitórios entre tarefas referentes ao reposicionamento do recurso r1, implicando desse modo uma diminuição de produtividade ao mesmo tempo que se vai consumindo as margens de segurança individual até ao ponto de comprometer o tempo individual estimado para essas atividades, assim como o prazo do projeto que passa a ser de 20 dias, em vez dos 16 dias.

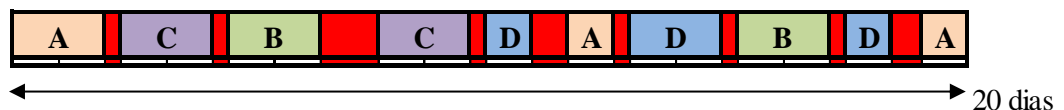


Figura 14 - Formação progressiva da multitarefa

QUELHAS e BARCAUI (2004) reforçam que, num ambiente multiprojecto, normalmente, uma combinação de diversas tarefas não sincronizadas limita os recursos de serem mais efetivos.

2.5.2 A Implementação

Para QUELHAS e BARCAUI (2004), a CCPM sugere uma diminuição agressiva na estimativa de tempo para cada tarefa individual até ao ponto em que as pessoas responsáveis acreditam que seja possível tal redução, porém não comprometendo a

realização da tarefa. Em geral, resulta numa estimativa baseada na média da duração, em vez de uma estimativa com grandes margens de segurança, o que na maioria dos casos significa uma redução de mais de 50% na estimativa originalmente obtida.

Contudo, essa diminuição da duração de cada tarefa fragiliza a certeza do prazo do projeto. No sentido de gerenciar essas incertezas, a CCPM coloca parte daquelas seguranças removidas em “plumões” (*buffers*) no final de cada caminho da rede, nomeadamente, o Pulmão de Projeto, o Pulmão de Convergência, o Pulmão de Recurso e o Pulmão de Capacidade, que são clarificados com base num pequeno exemplo apresentado por QUELHAS e BARCAUI (2004).

Para um determinado planeamento, são apresentados, na Figura 15, os caminhos possíveis para o encadeamento das suas atividades (barras). Tendo sido indexado para cada uma delas um número que corresponde à duração estimada e uma letra que representa o recurso necessário para a sua realização.

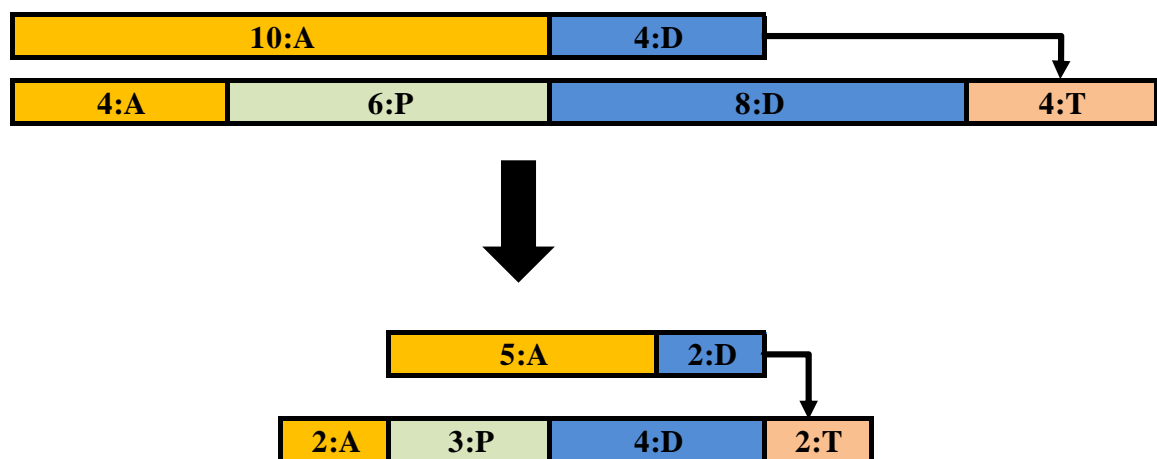


Figura 15 - Criação da rede com base nos tempos médios por atividade, adaptado de QUELHAS e BARCAUI (2004)

O primeiro passo para a criação do diagrama de rede com base em CCPM é usar os **tempos médios por atividade** e considerar os **tempos mais tarde de início** para os caminhos não críticos.

Outro paradigma que é quebrado pela CCPM é a redução significativa da multitarefa através da eliminação da contenção dos recursos durante o desenvolvimento do diagrama de rede, proporcionando que a maior restrição do projeto, a Corrente Crítica, seja definida como sendo o maior caminho através da rede, considerando quer as dependências de atividades, quer as dependências de recursos.

Após este procedimento de corte nas estimativas das durações, segue-se a identificação da Corrente Crítica, e para isso, toda a contenção de recursos deve ser eliminada, evidenciando-se assim a sua forma. Conforme Figura 16, o recurso “A” e “D” teriam que realizar duas atividades em simultâneo, o que na prática não é viável. Sendo, portanto, a Corrente Crítica definida pelo caminho mais longo da rede. Como já foi referido, as dependências quer das atividades, quer dos recursos, resultam, assim, da eliminação da contenção daqueles dois recursos e consequente identificação da Corrente Crítica pretendida.

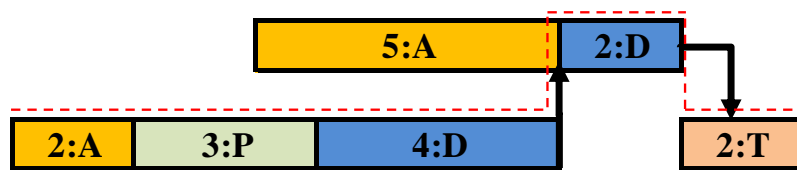


Figura 16 - Identificação da Corrente Crítica, adaptado de QUELHAS e BARCAUI (2004)

A fim de eliminar a fragilidade do tempo de duração do projeto, segue-se o último passo desta abordagem, que consiste em proteger a Corrente Crítica, e para esse efeito são inseridos *buffers* de proteção. Um no final do projeto, designado de Pulmão de Projeto ou *Project Buffer*, PB, e eventualmente outros tipos de *buffers*, ou melhor *buffer* de convergência, aqui designado de Pulmão de Convergência ou *Feeding Buffer*, FB, inseridos no final dos caminhos, onde o projeto poderá ficar vulnerável, isto é, no encontro das tarefas não críticas com o caminho classicamente definido como crítico. Na Figura 17, é feita, no exemplo corrente, a inserção daqueles pulmões, cujo cálculo das suas amplitudes é usualmente feito na base dos 50% da segurança retida.

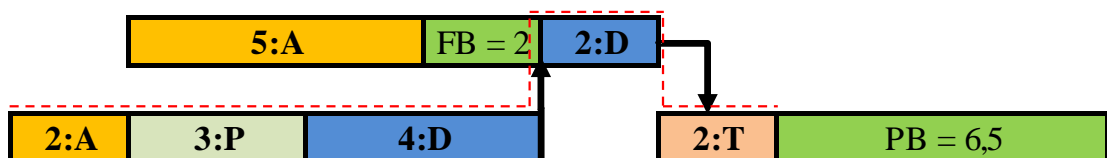


Figura 17 - Proteção da CCPM através da inserção de buffers de proteção, FB e PB, adaptado de QUELHAS e BARCAUI (2004)

Para CALIA (2004), ao invés de se administrar, individualmente, grandes quantidades de atividades, o projeto passa a ser administrado como um todo através da administração dos pulmões de tempo.

Estes *buffers* são, portanto, necessários para dar sustentação governativa ao gestor do projeto, procurando respeitar a medição do progresso dos trabalhos em relação à sua data esperada de fim. É comum que este gerenciamento seja feito, dividindo cada *buffer* em três níveis, conforme apresentado na Figura 18.

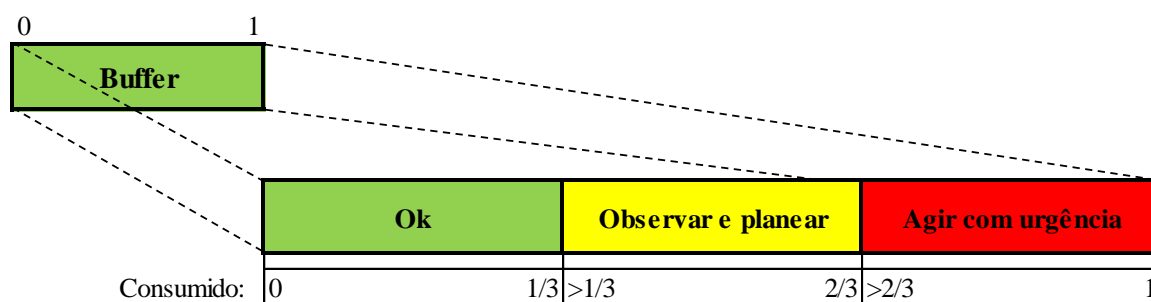


Figura 18 - Divisão de buffer em gerenciamento, adaptado de QUELHAS e BARCAUI (2004)

Aqui o controle recai sobre o consumo dos Pulmões, em que é admitido existir proporcionalidade de consumo para com as atividades que se encontram no caminho a montante. Pelo que, quando se verifica que este rácio se encontra no primeiro terço, isso significa que o projeto segue num ritmo satisfatório, quando se encontra no terço central, dever-se-á observar o sistema e executar o planeamento corretivo e, por fim, quando aquela razão se situar no último terço, a atuação se torna urgente sob pena de comprometer o prazo do projeto.

A maioria das empresas de construção civil não observa minuciosamente a sua efetiva capacidade interna para a condução de vários projetos em simultâneo. Neste contexto, ainda é de se referir, de forma geral, a existência de mais dois tipos de *buffers*, designadamente, o Pulmão de Recurso e o Pulmão de Capacidade, que não serão desenvolvidos, porque não é objeto essencial de tratamento neste trabalho.

Para PIGNATARI (2006), o Pulmão de Recurso tem a função de garantir que o recurso correspondente estará disponível para ser utilizado no momento programado, quando for solicitado pela atividade da Corrente Crítica.

Segundo QUELHAS e BARCAUI (2004), em ambientes de projetos múltiplos, a forma encontrada para evitar possíveis atrasos causados por flutuações entre projetos, foi a criação do Pulmão de Capacidade com tamanho proporcional ao tamanho da atividade do

recurso restritivo, e sendo o seu objetivo o escalonamento com a devida proteção entre o fim do projeto anterior e o início do próximo.

2.6 – Integração do planeamento e gestão de projetos em BIM

2.6.1 Breve contextualização do BIM

A adoção do **BIM** começou a incluir-se no planeamento estratégico de empreitadas públicas, em grande parte devido à pressão dos arquitetos e de engenheiros projetistas. Esta tendência crescente é visível não só no Reino Unido, mas também um pouco por todo o mundo. A utilização da metodologia BIM na indústria da construção tem como principal objetivo aumentar a produtividade, a eficiência, a qualidade da construção e, simultaneamente, reduzir custos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos (PATACAS; CACHADINHA, 2012).

Inúmeros estudos e relatórios de empresas confirmam que uma implementação bem sucedida do BIM, resulta em ganhos relevantes de eficácia e eficiência nos principais processos operacionais, numa melhoria no **planeamento e coordenação**, na possibilidade antecipada de deteção de **conflitos** e num aumento de rigor na orçamentação e na gestão de fornecedores. É assim fundamental que as empresas portuguesas incluam, no seu **planeamento** estratégico, a aposta na tecnologia BIM, já que se prevê que, num futuro próximo, surjam alterações profundas na legislação do setor, nos métodos de trabalho e nos modelos de gestão tradicionais (PARREIRA; CACHADINHA, 2012).

A nível internacional, diversos países já tornaram o BIM obrigatório nas suas obras públicas, através de diferentes estratégias, apostando fortemente na investigação e desenvolvimento do BIM como base para as suas estratégias de crescimento. A aposta no BIM é naturalmente um caminho a seguir universalmente como uma metodologia do presente e do futuro da indústria da construção.

Os modelos BIM têm-se revelado como uma excelente ferramenta **não só durante a fase de planeamento e de construção**, mas também na fase de manutenção, essencialmente, devido à sua grande capacidade de armazenar informação, associada à representação tridimensional (3D) (GOEDERT; MEADATI, 2008). O facto de ser possível aceder a toda a informação da edificação através de uma só plataforma, aliada à atualização automática do modelo sempre que sejam realizadas alterações, torna o modelo BIM bastante expedito e promissor para a fase de exploração de edifícios, pois deste modo,

conseguem-se operações de manutenção mais fiáveis e precisas (MARTINS; CACHADINHA, 2012). Porém, garantir uma atualização dos modelos isenta de omissões é uma das principais dificuldades verificadas na utilização dos modelos BIM na fase de exploração de um edifício (GOEDERT; MEADATI, 2008). Estas e outras limitações, tais como a deficiente **interoperabilidade** entre **sistemas**, subsistem e permanecem nos modelos BIM.

Salienta-se ainda que a implementação de **novas metodologias** requer tempo e esforço aos níveis financeiro e de aprendizagem. Na sua implementação verifica-se, por vezes, um declínio inicial de **produtividade**. Contudo, a adoção de novas tecnologias torna-se positiva pela necessidade de tratamento de problemas cada vez mais **complexos**. Neste sentido, as novas tecnologias têm potenciado o desenvolvimento de métodos de trabalho inovadores em todos os setores da economia, incluindo a construção civil.

2.6.2 Breve definição e caracterização

BIM não corresponde a uma definição consensual, sendo frequentemente referido na indústria da construção de **edifícios**. Diferentes entidades apontam para distintas definições. Se, para alguns, o BIM é um software, para outros a definição mais correta será um modelo virtual do edifício a três dimensões. Definir BIM como um **processo** também não será suficientemente aceitável, nem tão pouco defini-lo exclusivamente como um conjunto de dados organizados de todo o edifício. Porém, pode afirmar-se, com clareza, que o BIM é uma mistura de todas as definições mencionadas e outras mais, pois **é um conceito e uma metodologia** de trabalho em constante evolução.

De acordo com o National Institute of Building Sciences (NIBS), "Building Information Model" é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Pelo que, serve como um conhecimento partilhado de **recursos** para a obtenção de informação sobre uma instalação, formando uma base consistente para as decisões a partir do início do seu ciclo de vida e daí para frente. O BIM pode ser definido como um **processo de criação e gestão da informação do projeto de construção**, conforme Figura 19, que, de uma forma interoperável e reutilizável, permite a integração e reutilização da informação ao longo do ciclo de vida de um empreendimento (LEE et al., 2006).

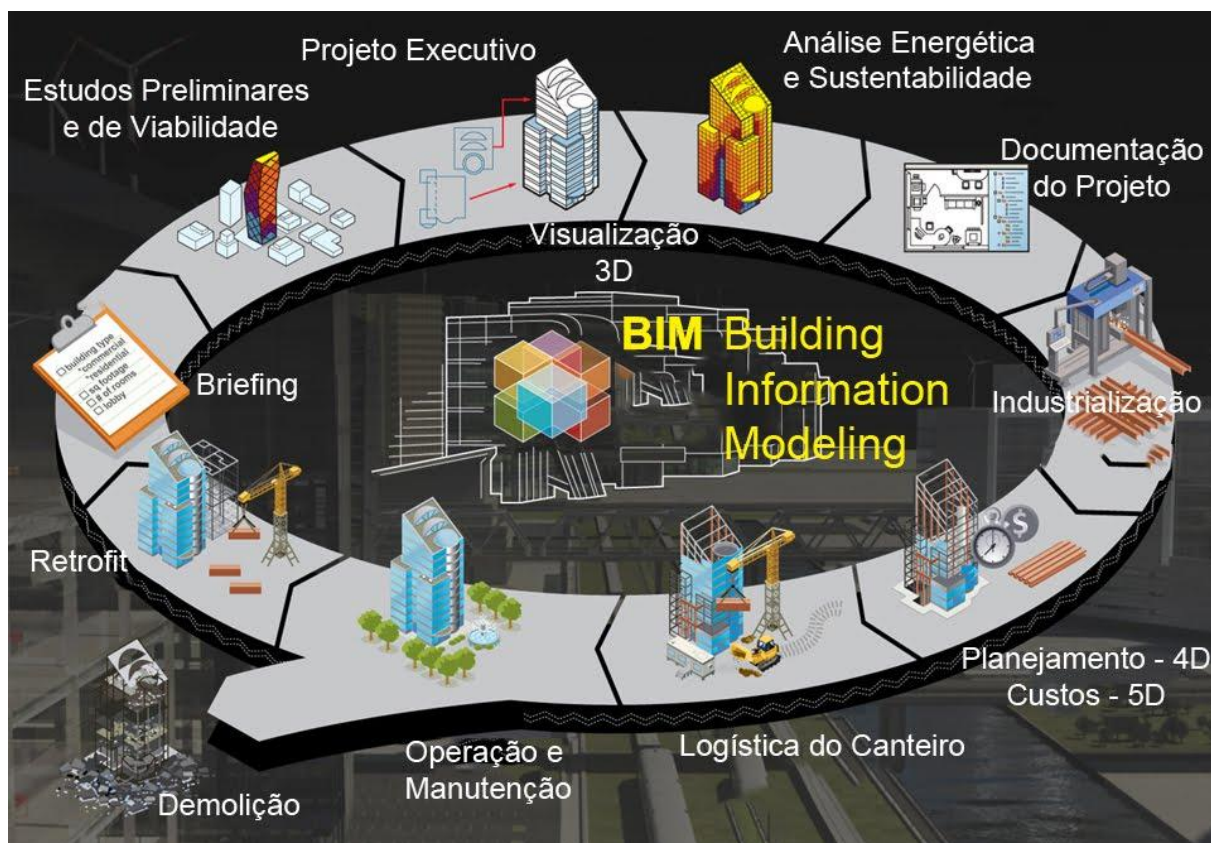


Figura 19 – O BIM (http://arquitetolumion.blogspot.pt/2011_11_01_archive.html)

Enquanto metodologia, o BIM tem como objetivo criar diversas bases de dados para um determinado projeto, organizá-las e conservá-las durante todo o seu ciclo de vida (EASTMAN, 1974). Tendo ainda como **meta** a promoção do acesso dos seus dados a todos os intervenientes no projeto, de uma forma fácil, expedita, rápida e sem perda de dados. A referida base de dados comporta todos os projetos associados ao empreendimento, assim como qualquer tipo de informação ou documentação. Para tal, o BIM deve ser um **processo colaborativo** baseado no uso de padrões abertos de partilha de informação (EASTMAN, 1974).

Os dados do modelo BIM incluem pois características físicas e **funcionais** de todos os elementos que o compõe, permitindo obter múltiplos pormenores na forma de desenhos (2D) e de projeções (3D), listas de dados e animações.

O processo paramétrico da criação do modelo BIM confere a possibilidade de realizar uma deteção automática de conflitos, de promover uma ligação entre o modelo e o cronograma de **planeamento da obra**, ou seja, a criação do modelo 4D, de interligar o modelo com dados relativos à orçamentação (associação de **custos**, isto é, a definição do

modelo 5D) (HARTMANN [et al.], 2008) e de relacionar a **modelação** com diferentes processos relativos à gestão e manutenção do edifício ao longo da sua vida útil (denominado o modelo 6D). A **agregação** de diversos tipos de informação num único meio confere um enorme valor ao modelo, funcionando como um recurso que pode ser acedido diretamente por inúmeras pessoas, evitando o dispêndio de tempo e dinheiro em duplicações de trabalho e permitindo que a informação seja permanentemente atualizada.

É imperativo que o BIM suporte a **interoperabilidade** entre os diversos softwares utilizados na construção para se manter sustentável (CHEN [et al.], 2008). A propriedade de **interoperabilidade** no BIM pode ser conseguida através da aplicação do formato de dados, designado por Industry Foundation Classes (IFC), que é utilizado para transferir com segurança, os dados que representam os elementos do modelo e as suas relações, entre aplicações distintas. O IFC, promovido pela IAI (International Alliance for Interoperability) desde 1995, é um padrão essencial para o sucesso do BIM, sendo definido como um modelo padronizado de **dados** que suporta o intercâmbio e a gestão de dados durante todo o ciclo de vida da construção e sem perda de informação (NAM-HYUK [et al.], 2008). O principal objetivo da criação de aplicações compatíveis com o protocolo IFC é conseguir uma transmissão de informação entre as diferentes aplicações informáticas, tendo como base a especificação formal de uma linguagem mediante uma estrutura dinâmica capaz de ser objeto de interpretação clara e objetiva (MARTINS; PEDROTO, 2012).

Assegurando-se uma correta **interoperabilidade**, o modelo BIM torna-se um excelente recurso partilhado por todos os intervenientes na execução e manutenção de um edifício, desde a sua conceção até ao fim da sua vida útil.

Na indústria da construção, o projeto e o processo construtivo devem constituir um trabalho de equipa, no qual cada especialidade é suportada por diferentes aplicações informáticas. Com o recurso às primeiras aplicações CAD, surgiu a necessidade de transferir dados entre as diferentes aplicações, no sentido de suportar o processo colaborativo de projeto (PATACAS; CACHADINHA, 2012).

Para as empresas aumentarem a sua **interoperabilidade**, devem analisar não só os vínculos técnicos, mas também fomentar uma cultura de confiança e de harmonia com os seus colaboradores, comprometendo-se formal e informalmente com outras empresas, de modo a promover uma colaboração eficiente (TABORDA; CACHADINHA, 2012).

Para o modelo BIM ser **sustentável** e **otimizado**, é fundamental que os dados provenientes de diversas fontes consigam ser compartilhados num formato genérico, de forma eficaz e isenta de erros. O IFC tem a capacidade de representar dados e **planos de trabalho** em áreas tão diferentes como o cálculo estrutural, análise energética, estudo ambiental, simulação visual, **planeamento de projetos** de infraestruturas, entre outras (MARTINS; PEDROTO, 2012). Atualmente, subsistem diversas áreas na construção em que é necessário um desenvolvimento adicional para se atingir uma **interoperabilidade global** (FROESE, 2002)

Capítulo 3: Conceito de sistema direcionado para uma nova metodologia

O conceito de sistema é assumido com variadíssimas interpretações e objetivos. A ideia sistêmica e organizacional constitui a essência do seu termo, que é utilizado como instrumento de base na modelagem, associando-se assim a ideia de integração, conexão, interação, organização e diversidade, em oposição à base conceitual do paradigma reducionista.

Para LE MOIGNE, (1977), o conceito de sistema deverá ser assumido como um objeto particularmente útil e cómodo, não para explicar, mas para conseguir representar os objetos que o homem quer conhecer. Este autor emprega a expressão “Teoria do Sistema Geral” para representar a base da modelagem de um objeto natural, artificial, complicado ou complexo. Já, MORIN (1977) defende que se deve pensar no conceito de sistema e em todas as variáveis que ele contém, para depois atribuir a modelagem mais apropriada àquele tipo de sistema identificado.

3.1 – A Sistemografia

LE MOIGNE (1977) instituiu o termo “Sistemografia” para designar a capacidade do sistema de agir como um instrumento para modelar objetos, que são reconhecidos, quando são designados por palavras. Sendo que para este autor, “modelar é conceber, depois desenhar uma imagem à semelhança do objeto”.

A técnica de construção de modelos complexos chamada sistemografia é uma forma de processar a construção de modelos complexos que utiliza a sistêmica. A sistemografia manifesta-se por um processo sistêmico, sendo uma representação de atividades, identificadas e processadas por uma caixa preta, incorporada pela Teoria do Sistema Geral que tem como objetivo a compreensão do comportamento dos sistemas complexos em relação aos seus diversos componentes.

Esta teoria é considerada pioneira na modelagem de sistemas abertos (sistemas esses identificáveis com a questão do Planeamento e Gestão de Obras). Sistemografar é, portanto, traduzir um fenómeno dito de complexo, através da construção de um modelo

que faça uma representação da realidade, modelo esse que seja capaz de explicar as relações entre os seus componentes e o meio ambiente. Para SIMON (1969) e LE MOIGNE (1977), consensualmente aceitam que a sistemografia emprega a correspondência entre a **forma** e a **função**, por isso, estabelecem os conceitos de **isomorfismo**, **homomorfismo** e **polimorfismo**, originários das ciências exatas.

Isomorfismo é a correspondência **bijetiva**, na qual, para cada elemento do conjunto de chegada, corresponde um elemento do conjunto de saída. A correspondência é transitiva, reflexiva e simétrica;

Homomorfismo é a correspondência **sobrejetiva**, na qual, para cada elemento do conjunto de chegada, corresponde, pelo menos, um elemento do conjunto de saída, sem que o recíproco seja verdadeiro. A correspondência é transitiva, reflexiva, mas não simétrica;

Polimorfismo é a correspondência **injetiva**, na qual, para cada elemento do conjunto de saída, correspondente, pelo menos, um elemento do conjunto de chegada, sem que a relação recíproca seja verdadeira. A correspondência é de muitos para um.

Estes conceitos são usados para estabelecer uma correspondência entre o objeto-alvo, o conceito de sistema geral e a modelagem utilizada. Em resumo, a representação de um dado objeto, através de um sistema geral, é denominada sistemografia. Sendo que o conceito de sistema geral é utilizado como **instrumento** da modelagem construída pelo observador, isto é, pode-se assimilar a uma “lente” através da qual o observador modela a realidade observada, LE MOIGNE (1977).

A Figura 20 apresenta a correspondência entre objeto-modelo, que é homomorfa, e o sistema geral-modelo, que é isomorfa. A isomorfia é observada quando as propriedades do modelo estão em perfeita correspondência bijetiva com as propriedades do sistema geral.

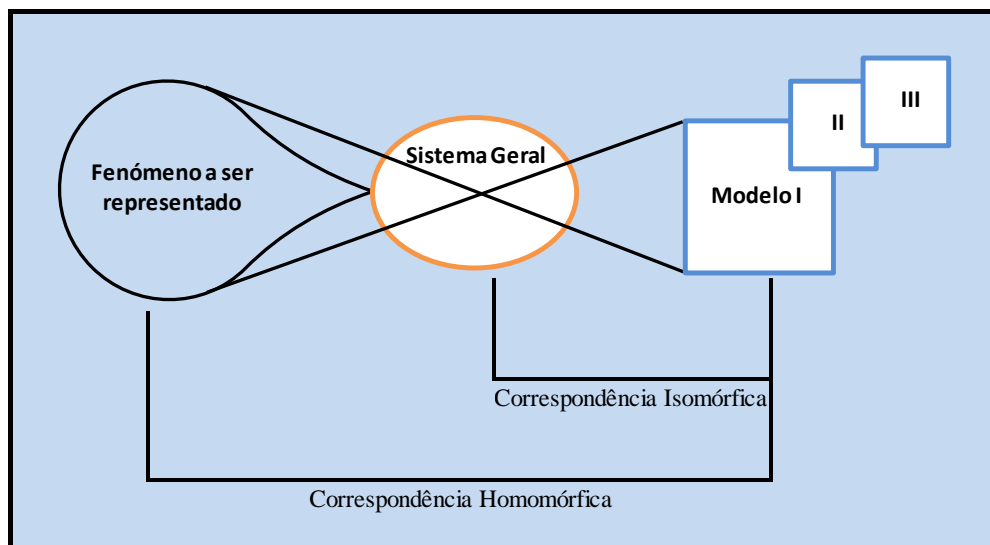


Figura 20 - A sistemografia, adaptado de LE MOIGNE (1977)

A validação completa da **homomorfia** é quase impossível, devido à limitação racional do homem em compreender o todo em que o sistema geral está inserido. Possibilita, contudo, a **concepção** e a **construção** de sistemografias diferentes do mesmo objeto, LE MOIGNE (1977). Este autor frisa que essa abordagem é oposta à que segue a lógica do paradigma reducionista, pois **permite** a interferência do observador no objeto modelado, desde que não desconsidere a correspondência isomorfa do sistema geral com o modelo, e a correspondência homomorfa do objeto com o modelo.

ROSNAY (1975) destaca que, para empregar o paradigma sistêmico, são necessárias ferramentas capazes de representar objetos muito grandes, muito pequenos ou muito complexos. Para isso, propõe ferramentas análogas ao microscópio e ao telescópio que comandam a visão desses objetos. Este efeito de escala é latente no desenvolvimento deste trabalho, pois conforme se poderá constatar no capítulo 5, os sistemas são morfologicamente tratados. Esses conceitos fornecem assim um importante ponto de referência ao observador que inicia a modelagem de um objeto, tendo como ponto de partida a **concepção** de sistema. Portanto a passagem da **análise** reducionista para à **concepção** por via da sistemografia representa uma enorme mudança nas finalidades do conhecimento. SIMON (1969) percebe a carência deste tipo abordagem, que ressalta na concepção de objetos e não, apenas, na sua análise.

Segundo LE MOIGNE (1977), na **conceção** do objeto para conhecê-lo, é preciso conhecer e compreender o objeto para interpretá-lo e, assim, antecipar o seu comportamento, já, na **análise**, é necessário explicar apenas os seus componentes. BRUTER (1976) realça que a **perceção** é o vocábulo ideal para representar um objeto ou uma situação, no âmbito da sistemografia. No entanto, a perceção não se deve limitar unicamente às formas e aos elementos morfológicos. Os comportamentos, as atividades, as funções do objeto são também indispensáveis à representação do objeto.

3.2 – Tipos de abordagens enquadradas neste trabalho

No sentido de alavancar conhecimentos sobre a temática dos sistemas complexos, e assim possibilitar o melhor desenvolvimento deste trabalho, foi feita uma vasta pesquisa entre várias obras acessíveis, sendo de enaltecer uma das mais atuais e disponíveis, que de uma forma bastante objetiva, transmitiu importantes conhecimentos nessa área, ou seja, a obra de LEITE (2004).

Tendo em conta os objetivos gerais deste trabalho filtrou-se a abordagem qualitativa feita por Turchin e a abordagem estrutural de Simon, possibilitando, desse modo, uma melhor aproximação conceptual à nova metodologia descrita no capítulo 4, assim como, se fez uma breve descrição dos Sistema Holónico, cujo conceito é fortemente enquadrado na referida nova metodologia.

3.2.1 Abordagem qualitativa de Turchin

O conceito de metassistema de transição (MST) foi introduzido por TURCHIN (1977), cuja pretensão é estudar a evolução dos sistemas, envolvendo a **integração** e o seu **controlo**, consistindo-se num processo de integração evolucionária, em que o sistema de mais baixo nível de complexidade é englobado e controlado pelo aparecimento de um sistema de nível superior.

A sua abordagem conceptual, cujos fundamentos são oriundos da cibernética, foi aplicada aos sistemas sociais, tendo este autor analisado a sociedade como um

metassistema e, desse modo, esta, é vista como um sistema integrado formado de seres individuais e, no conjunto, mantido por mecanismos de **controle** e de **regulação**.

Segundo o mesmo autor, a base da sua teoria dos metassistemas de transição é o **processo** de evolução de *tentativa e erro*. Neste sentido, LEITE (2004) esclarece que os sistemas evoluem se tiverem a capacidade de emergirem por meio de subsequentes variações nas configurações existentes e se cada uma das variações for apta a competir com tal.

TURCHIN (1977) defende que um sistema criado pela integração de uma variedade de subsistemas, que possui um controle coordenado em direção à **ação** dos subsistemas, será mais apto que o sistema meramente composto pela **agregação** de subsistemas sem **controle global**.

Ainda para este autor, a **aptidão** é uma função bastante complexa do sistema com o seu ambiente, sendo que os seus subsistemas selecionados são os mais aptos perante o processo de seleção, evoluindo através da **variação** e da própria **seleção**.

Segundo LEITE (2004), a variação pode ser vista como uma exploração de possíveis configurações com diferentes graus de aptidão, referenciando-se a KAUFFMAN (1993), atestando também que este manipula a exploração como um movimento através de um cenário de aptidão. As configurações correspondem aos pontos em duas dimensões, representadas pelo **espaço** e pela **forma**, sendo estas relativas ao valor das configurações no decorrer da dimensão no **tempo**.

Subjacente a esta abordagem qualitativa de Turchin, estão presentes aspetos ressonantes no desenvolvimento deste trabalho, nomeadamente, no que respeita ao conceito de metasistema de transição, que é evocado no Capítulo 4, assim como os conceitos de controle, regulação, integração, processo, ação, agregação de subsistemas, controle global, aptidão, variação, seleção, espaço, forma e tempo, que são apelativos à temática do Planeamento e Gestão de Obras.

3.2.2 Abordagem estrutural de Simon

Para SIMON (1969), a hierarquia de um sistema foi o ponto-chave da conquista da sua abordagem estrutural, pois permitiu-lhe desvendar como é que os sistemas são aglutinados uns pelos outros. Ao concentrar-se nessa questão hierárquica, procurou perceber a “engrenagem” evolutiva desses sistemas, em que a complexidade toma, geralmente, a forma de hierarquia, mas já os sistemas complexos são constituídos por subsistemas, que são inter-relacionados em modo evolutivo, os quais, por sua vez, são compostos pelos próprios subsistemas sequenciados até que se atinja um nível de componentes **elementares** ou **primitivos**.

Sendo que estes dois termos utilizados por Simon “elementares” e “primitivos” também são utilizados frequentemente na descrição da nova metodologia objeto deste trabalho, que é retratada no Capítulo 4. Uma outra questão que também se visionou foi relativamente à escolha do **nível mais baixo**, num determinado sistema, que segundo aquele autor, é dependente não somente da natureza do sistema, mas também dos interesses da pesquisa. Segundo LEITE (2004), nesse sentido, a visão de Simon sobre hierarquia, está portanto associada à noção de **níveis em integração**.

MORIN (1977), assim como diversos autores, tentou estabelecer categorias aos sistemas em função do seu número de **níveis** admitidos, tendo definido a seguinte categorização LEITE (2004):

***Sistema**, para todo sistema que manifeste autonomia e emergência com relação ao que lhe é exterior;*

***Subsistema**, para todo sistema que manifeste subordinação em relação a um sistema no qual ele é integrado como parte;*

***Supra-sistema**, para todo sistema que controla outros sistemas, mas sem integrá-los em si;*

***Ecossistema**, para o conjunto sistémico cujas inter-relações e interações constituem o ambiente do sistema que nele está englobado;*

Metassistema, para o sistema resultante das inter-relações mutuamente transformadoras e englobantes de dois sistemas anteriormente independentes.

Para LEITE (2004), o conceito de hierarquia não se verifica no sentido de uma sequência de cima para baixo, de autoridade e controlo, mas no sentido de níveis semiautónomos, formados por interações entre um conjunto de variáveis que compartilham velocidades aproximadamente semelhantes.

Esta questão é, de facto, bastante pertinente, pois à partida inviabiliza a tentativa de dominância dos sistemas formados por subsistemas com diferentes velocidades de **ação**. Desta maneira, prevê-se com base no desenvolvimento mais aprofundado da nova metodologia, que se propõe, que esta e outras questões sejam ultrapassadas, tais como, a questão das **fronteiras** do sistema, cuja delimitação é difícil de ser concretizada ou impossível, atendendo a que, por vezes, se trata de sistemas abertos, cujas fronteiras delimitantes não poderão existir.

JACOB (1970) deslumbrou-se com o conceito de *integron* em que cada unidade se constitui pela integração de subunidades, assim cada *integron* é constituído por agrupamentos de *integrans* situados em níveis inferiores participativos na constituição de níveis superiores. Segundo LEITE (2004), a palavra *holon* é fortemente utilizada na teoria da hierarquia, por representar a ideia de que os subsistemas, em cada nível de uma hierarquia, agem como o **todo**, quando analisados de **cima para baixo**, e como **parte**, quando analisados no sentido contrário. Entendimento esse que se pretende erradicar na abordagem **holística**, pois seja qual o sentido da análise, cada subsistema interage com o todo, pois faz inaptamente parte integrante deste.

SIMON (1969) instituiu o conceito de quase decomponibilidade dos sistemas complexos, pois verificou a existência das associações flexíveis, verticais e horizontais, sendo também este conceito um dos alicerces da teoria da hierarquia. Assim, a total decomposição só ocorre, segundo aquele autor, quando a associação entre os subsistemas se tornar zero, contrariando a própria definição de um sistema que é vincado pela composição de partes que o integram de forma interativa. Portanto, a estrutura hierárquica dos sistemas complexos para Simon é **quase decomponível**.

Este conceito é encaixável no contexto matemático dos **sistemas dinâmicos** que relacionam a decomposição à agregação de propriedades. Sendo que os sistemas hierárquicos quase decomponíveis são capazes de transformar um sistema de número médio de elementos num sistema de pequeno número de elementos, sem desconsiderar as interações entre eles. Ou seja, a quase decomponibilidade dos sistemas complexos fornece a o ponto de partida para seu o **gerenciamento**, por meio da análise das interações (SIMON,1974).

3.2.3 Descrição do Sistema Holónico

Para SIMON (1966), os sistemas complexos serão compostos por subsistemas intermediários estáveis, poderão ser mais eficazes em comparação com aqueles, cuja rigidez hierárquica os tornam inflexíveis. KOESTLER (1967) seguindo o trilha da visão de Simon, observou e descreveu algumas propriedades dos sistemas complexos, tendo-se focado na questão estrutural e nas relações entre os seus componentes, sendo este autor o progenitor da palavra holon, formalizada pela simples combinação da palavra holos - do grego todo - com o sufixo on -parte-, de modo a indicar as partes de um sistema, que possui o comportamento do todo.

KOESTLER (1967) constatou que, naquelas hierarquias, o todo e as partes em simultaneidade não poderiam coexistir, constatação essa que o conduziu à verificação de que os holons deveriam ser os agentes que garantem a sustentabilidade dos sistemas reais, pois são ao mesmo tempo, todos e partes dependentes, vistas de um nível governativo superior.

O conceito de holarquia é também introduzido por KOESTLER (1967), como sendo estruturas abertas, onde um todo global pode dinamicamente fazer parte de uma ou de várias outras estruturas formadas por holons cooperativos e organizados, de tal forma que estes se estabelecem entre eles e entre os ambientes operacionais e as suas interfaces externas. Conceito, este que se apresenta quase como o oposto da hierarquia, cujo significado é voltado para as relações de subordinação, no seio de uma estrutura fortificada, em que cada holon tenha um sentido recorrente duplo de subordinante e subordinado e de controlador e de controlado.

KOESTLER (1967) assenta a sua análise numa descrição estática de sistemas complexos. Estabelecendo alguns princípios característicos para os “seus” holons:

- (1) Em possuir uma tendência para manter a sua individualidade, uma vez que constituem o todo.
- (2) Em funcionar como partes integrantes de um sistema maior.

A autonomia é uma outra característica vital, onde se reflete a capacidade de uma dada entidade em criar e controlar a execução de seus próprios planos. Característica essa que, quando conjugada com a de cooperação entre outros holons, potencia um processo de criação de planos exequíveis de mútuo desenvolvimento.

Os conflitos entre holons surgem entre as parametrizações da autonomia e a de cooperação participativa, onde o equilíbrio do todo poderá ser encontrado quando um holon se fizer transitar nas suas tendências integrativas e assertivas.

Os holons estão contidos em múltiplas holarquias em simultâneo, que constituem estruturas verticais que poderão ou não se interligarem com outras holarquias, originando-se redes horizontais. Os sistemas holónicos deverão ser capazes de ter uma alta eficiência adaptativa, pois seus constituintes devem possuir flexibilidade para decidir qual a estratégia que se deve adotar para melhor satisfazer os objetivos do sistema.

Uma sonante característica destes sistemas é a sua alta agilidade, que se manifesta pela sua dinâmica de autos similaridade e auto-organização, aliada com a capacidade de auto reconfiguração. Para WYNS (1999), os sistemas holónicos devem possuir componentes autos similares, isto é, deverão ser formados por conjuntos do mesmo tipo de holons, cujos comportamentos e interligações sejam similares. O mesmo acontece na generalidade dos sistemas complexos, onde a tomada de decisões e o processamento estão relacionados com essa característica de autoassimilação.

Para cada holon, é crucial que a sua identidade própria seja conseguida dentro de um mesmo conjunto tipificado de holons, através da agregação de holons relacionáveis, promovendo-se a sua similaridade horizontal, dentro de um mesmo nível de agregação.

No seguimento da utilização deste tipo de tecnologias em que se procura potencializar sistemas inteligentes, é possível a sua reconfiguração à luz das ciências sócio-organizacionais, dando assim, sustentabilidade ao paradigma holónico, surgindo os sistemas de produção holónicos avançados, cujos termos tecnológicos são:

- **Holon**, um elemento (uma holarquia) autónomo cooperante na construção de sistemas de produção, atentos à transformação, transporte, armazenamento ou à aferição informacional e à validação de objetos, poderá ser uma **parte do processamento** da informação ou de um dado processamento físico, podendo esse elemento fazer parte de um outro elemento holon. Complementarmente um determinado holon pode existir dentro duma holarquia que esteja dentro de si mesmo, pois ele pode pertencer a várias holarquias simultaneamente. Comportamento esse que conduz a uma dinâmica grupal.

- **Autonomia**, capacidade instalada que possibilita a uma entidade, a criação e o controlo na execução dos seus planos estratégicos

- **Cooperação** é um processo segundo o qual um conjunto de entidades cria, desenvolve e, em harmonia, formaliza planos exequíveis. Em que na execução daqueles planos, para cada ocorrência de distúrbios, irá levar à um processo de regeneração, pois cada holarquia balizada temporalmente é pivot na sua própria extinção, fazendo-se depender do equilíbrio momentâneo das interligações integradoras e autónomas de todas as holarquias que constituem o sistema.

As origens sociais e organizacionais deste conceito Holon e de toda a sua caracterização são promotoras de que o ser humano possa fazer parte do sistema, complementando e potencializando uma possível troca de funções entre o homem e o holon.

Num determinado sistema, o seu controlo é entendível como um sistema de governação das atividades de gestão dos seus constituintes, capaz de relacionar a estrutura organizacional com as regras de verificação e aferição daquelas atividades. Podem-se evocar três tipos de sistemas de controlo, o Hierárquico, o Heterárquico e o Holárquico.

Sistema Hierárquico- Este sistema tem como pressuposto fundamental a subdivisão hierárquica no qual as entidades são previamente dispostas em níveis

estruturalmente bem definidos, nos quais, cada uma daquelas entidades é controlada por outra(s) de nível imediatamente superior, tendo essa entidade uma dominância controladora para com alguma(s) entidade(s) de nível inferior. Neste tipo de controlo, verificam-se comportamentos rígidos que, por vezes, se tornam perturbantes, contudo prevalece um elevado desempenho em sistemas de longa e continua execução.

Sistema Heterárquico- Em lado oposto ao sistema Hierárquico, este sistema não tem voz de comando dirigida aos seus constituintes e entre eles, sendo que cada um é responsável pelo seu próprio comportamento produtivo e organizacional, não existindo qualquer tipo de autoridade de controlo. Este é inaptamente assegurado pelo carácter negociador e comunicativo entre as entidades que participam no sistema. Tais entidades são facilmente manipuladas, nomeadamente, alteradas, substituídas e até excluídas, pois o sistema tem a capacidade de se auto-organizar e de se reconfigurar dinamicamente. Para BONGAERTS (1999), o uso deste tipo de controlo será limitado a sistemas cujos constituintes sejam semelhantes.

Sistema Holárquico- Por um lado, no conceito de sistema holónico, a organização hierárquica é manifestamente uma condição de estruturação, por outro a vertente de reconfiguração ágil do sistema heterárquico é também imperativa para a governabilidade de um sistema dito complexo. Daí o sistema de controlo holárquico pretendem ser, um sistema de controlo para sistemas complexos, que se intermeia entre o sistema de controlo Heterárquico e o Hierárquico, procurando descartar os seus aspetos negativos e aproveitar por complementaridade as virtudes (reação, reconfiguração e organização) desses dois sistemas de controlo.

Devido às características vincadas do holon cooperativo, e de este se incluir em várias holarquias dinâmicas e temporais, é possível definir um novo tipo de organização, a holarquia. Isto é, devido ao facto de que um holon se manifesta em várias holarquias ao mesmo tempo, assim como, possivelmente se faz pertencer a ele mesmo, e atendendo a que a composição e a organização de uma holarquia é comprometida pelo equilíbrio de seus holons, conclui-se que a sua duração temporal não é exata, contudo, tendo presente o sentido de cooperação e de negociação de cada holon a conjugação desses fatores conduz-nos a sistemas bens comportados. O sistema complexo e o agrupamento ordenado, serão

duas possíveis formas de se entender uma horlaquia, podendo-se aclamar que no sistema holónico o controlo é holárquico.

3.3 – Planeamento e gestão de obra como um sistema complexo

Após um estudo generalista da ciência da complexidade, verifica-se que em geral a problemática do planeamento e gestão de obras pode ser considerada como um sistema **complexo**, pois segundo LEITE (2004), uma **cadeia de suprimentos** pode também ser considerada um sistema complexo (que em tudo é semelhante a problemática do planeamento e gestão de obra), sendo que tal sistema que retrata tal designação contém os seguintes requisitos (LEITE 2004):

- possui duas ou mais **partes diferentes**;
- é um sistema **aberto** e depende das conexões para permanecerem competitivos no mercado;
- uma parte não pode ser compreendida sem a compreensão de suas **interrelações**;
- as partes são beneficiadas pelas **interações** com o todo e vice-versa;
- dos inter-relacionamentos surgem **comportamentos** novos e imprevistos, diferentes dos planeados previamente;
- o **controlo** total da cadeia é difícil de ser conseguido, por causa dos comportamentos emergentes que surgem no decorrer do seu funcionamento, bem como a dependência de partes e todo;
- funciona num ambiente que combinam **ordem e desordem**. Por um lado, busca os relacionamentos integrados para conseguir estabilidade com uma estrutura mais flexível, ágil e **dinâmica** e, por outro, a possibilidade de vantagem competitiva pelos feedbacks obtidos das interações;

- *é composto por muitos agentes inteligentes que tomam **decisões** e agem com base em informações parciais sobre todo o sistema. Esses agentes são capazes de mudar as regras de decisão e ação, com base em informações adquiridas durante o **processo** da tomada de decisão;*
- *vive num ambiente de **incerteza**, o mercado;*
- *acontecem muitos loops de feedbacks não intencionais;*
- *possui estrutura que engloba várias **escalas**, evidenciadas pelos níveis de interação na cadeia;*
- *evolui na interface entre a **competição** do mercado e a cooperação dos envolvidos na cadeia;*
- *possui capacidade de se organizar internamente para se ajustar as perturbações oriundas do mercado. Na formação dos arranjos empresariais, as cadeias de suprimentos mostram a busca das empresas para se tornarem mais **resistentes e adaptativas** às exigências do mercado;*
- *possui capacidade de **memória**. A cadeia pode armazenar informações que auxiliem na tomada de decisão conjunta;*
- *a cadeia de suprimentos é um sistema que evolui para **estágios de complexidade** mais ou menos complexos, dependendo das conexões que estabelecem.*

Na listagem daqueles requisitos foram realçadas alguns conceitos que se acomodam no seio de uma construção, quando estamos perante a sua administração temporal em termos da disciplina de Planeamento e Gestão de Obras, confirmando-se assim a semelhança entre a cadeia de suprimentos e a administração temporal do planeamento e gestão de obra.

Capítulo 4: Nova metodologia integrada de planeamento e gestão de projetos com base na transmutação de sistemas complexos.

4.1– Introdução

Como retratado no capítulo 2, uns dos maiores dilemas do planeamento e da gestão de projetos é o da alocação de recursos. Os tempos de início e de fim resultantes da aplicação das técnicas consagradas (CPM, PERT, LOB, entre outras) implicam uma distribuição não controlada da utilização de recursos ao longo do tempo.

Alocar um recurso constitui um dos maiores desafios para o instrumentalista, tornando-se um problema ainda maior, para o caso dos recursos serem limitados. O paradigma holístico repousa na crença da possibilidade de “conhecimento total”, pressupondo a total interdependência de áreas de conhecimento.

4.2 – Objetivo

O trabalho foi desenvolvido tendo como pano de fundo a criação de uma nova metodologia de planeamento e gestão integrada, recorrendo ao apoio tecnológico e computacional da atualidade, tendo em atenção a integração de todos os subsistemas e os seus parâmetros associados, de forma a erradicar o uso das técnicas reducionistas que demanda enormes desvantagens já evidenciadas no ponto 2.4.

4.3 – Descrição geral da nova metodologia – EHP

O **diagrama holístico de um projeto**, DHP, apresentado na Figura 21, constitui uma base gráfica idealizada pelo autor, que é utilizada como uma ferramenta de planeamento e gestão da produção, por via da manipulação dos elementos (triângulos isósceles) representativo de sistemas de um dado projeto. Associado a esta ideia, está o fato, de que esta nova forma de representação gráfica ser vital para o entendimento da dinâmica processual dos elementos que constituem um projeto, pois, permite sincronizar e avaliar todos os parâmetros da sua alocação instantânea dos recursos elementares.

Também é possível com esta representação balizar o desempenho do projeto, por medição relativa entre o tempo decorrido e o grau atual de finalização de uma determinada parte do projeto, perante o que foi previsto, e a partir deste diagrama, ser possível também tirar conclusões sobre o seu desempenho processual em termos de **custo e prazo**.

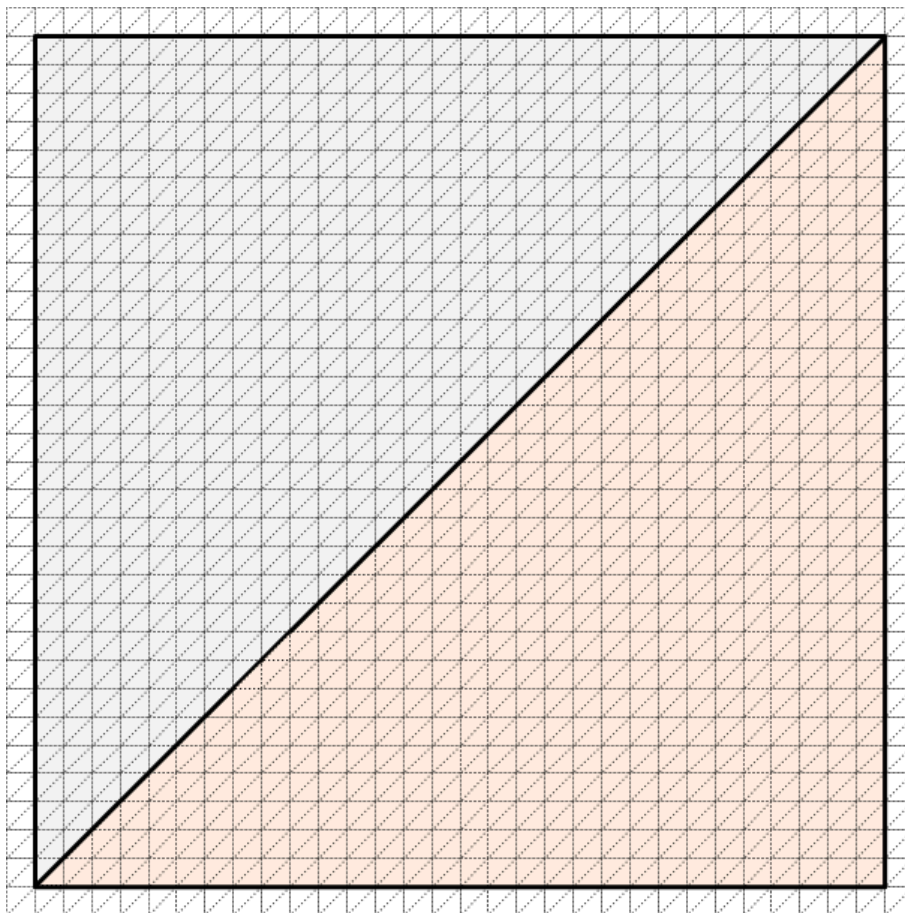


Figura 21 - Diagrama holístico do projeto, (DHP)

4.3.1 Descrição do espaço holístico – EHP

No sentido da integração por automação direcionada ao objeto, que se pretende estabelecer, foi arquitetado na base do DHP um painel geral, que conforme a Figura 22, representa uma estrutura organizacional de informação, com aptidão para ser manipulada em função de objetivos gerais, objetivos esses, que poderão passar pela otimização de custos, de prazos, e ou, pela imposição de recursos, de maior confiança da qualidade construtiva, ou outro qualquer critério, que até nem seja conexo ao sistema, que é definido como sistema aberto. Aquele painel é constituído por cinco subespaços interligados

cronologicamente, cujos domínios devem ser governados por aqueles indivíduos, onde as suas credenciais são elegíveis para tais efeitos. A integração daqueles espaços conduz a um espaço governativo de amplitude holística, cujo referido painel se configura no espaço, que foi rotulado por “Espaço Holístico do Planeamento”, **EHP**.

Conforme Figura 22, o EHP é constituído por cinco subespaços e apresenta-se como uma ferramenta de apoio cronologicamente indecomponível, em que cada subespaço retrata os interesses globais em articulação com determinados aspetos governativos. Estes subespaços são nomeadamente titulados: planeamento base, transformações, restrições, planeamento e o de resultados.

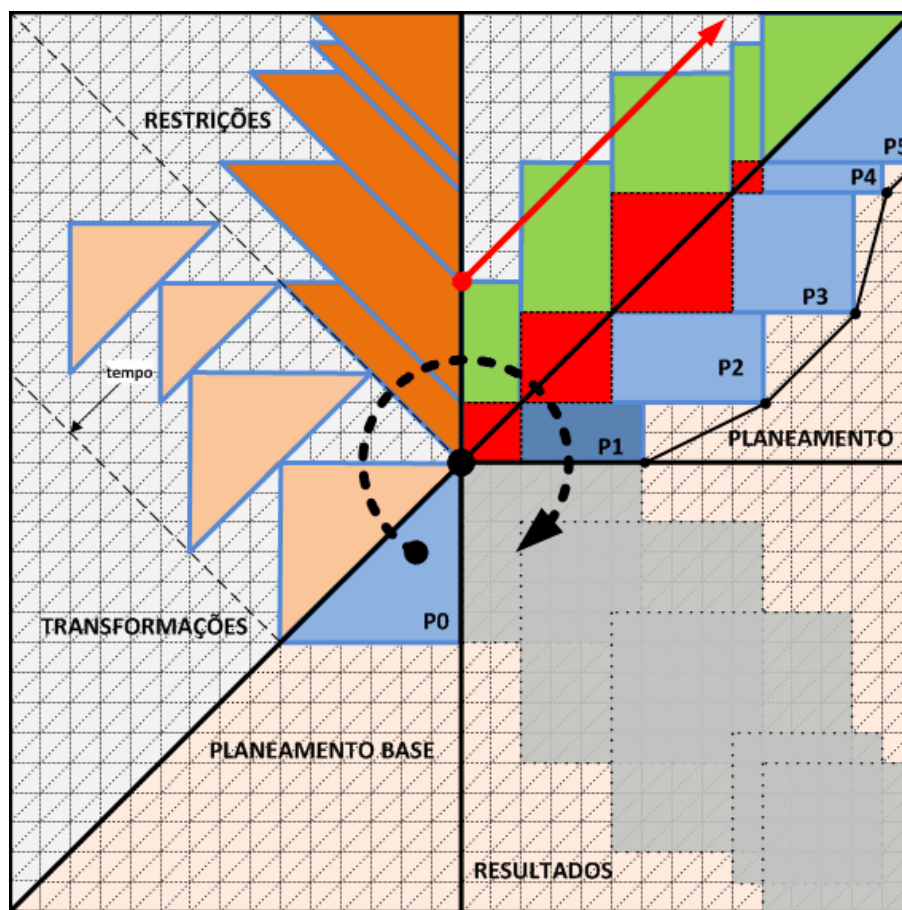


Figura 22 - Espaço holístico do projeto (EHP)

O primeiro subespaço é o do **planeamento base**, no qual é feito o primeiro esboço do processo governativo, do que temos de produzir, através da definição de um planeamento inicial P0, num nível processual, que se entenda como básico.

O segundo subespaço é o de **transformações**, com estreita conceção ao planeamento base, é neste espaço maior que são realizadas transformações regradas de lógica e fundamento com imputações vindas de todos os intervenientes autorizados.

O terceiro subespaço é o das **restrições** ou das decisões políticas, a decisão devia ser um reflexo ponderado, contudo existe situações, em que a razão não é atendida e não se compreende as trajetórias assumidas nos processos.

O quarto subespaço é o do **planeamento**, que ajuda a informar e dotar aqueles que tentam controlar os processos de uma ferramentaria, subespaço este que a não existir, todo o espaço criado não tinha qualquer utilidade, pois é na “caminhada que se sente as pernas”.

O quinto e último subespaço é o dos **resultados**, no qual é filtrada muita informação que é gerada quando um qualquer parâmetro é modificado no processo. É neste subespaço que a tentativa de representar a realidade é traduzida para todos os intervenientes do processo, devendo-se divulgar de forma sistémica toda a informação processada.

Reforça-se a ideia de que estes cinco subespaços fazem parte de um espaço governativo indecomponível, de representação direta num **diagrama holístico do projeto**, com uma repartição tal, que permite desenvolver estudos, que podem ser abordados por distintos intervenientes. A integração num mesmo espaço de todo o processo de gestão e planeamento constitui assim, uma instrumentalização global do eventual retrato que se pretende tirar da realidade dos projetos.

Nesta nova metodologia de planeamento de projetos, em vez de se ter as chamadas “atividades”, temos os “**Elementos de Processo**”, que são governados no campo temporal dos recursos a serem gastos, ou no campo temporal dos produtos a serem “fabricados”. Estes elementos irão partilhar o mesmo tempo, mitigando assim os desperdícios financeiros, de mão de obra, materiais, de equipamentos, entre outros. Pelo que, tal abordagem conduzirá forçosamente a uma distribuição temporal otimizada dos elementos básicos associados de forma clara e precisa.

A identidade universal de governação do planeamento é estabelecida, conforme ilustrado na Figura 23, pela prévia consideração de um número **j** (mutável), que é o

indexante de determinados níveis de abstração N_j (número esse, que deve ser o instrumentalista a considerar por conveniente, $j > 2$), em que para cada um desses níveis N_j é incorporado um conjunto de $E_{j,i}$ elementos, elementos esses, que comutativamente representam **recursos** ou **produtos**, conforme o sentido de varrimento entre níveis seja feito, denotando-se como sentido “**criador**”, quando o varrimento é feito do nível N_i para nível N_k , sendo os elementos de partida considerados produtos, e no sentido contrário, o sentido “**agregador**”, quando o varrimento é feito do nível N_k para nível N_0 e aí os elementos de origem são vistos como recursos. Excluindo-se daquele princípio de comutação, os elementos do conjunto referente ao primeiro nível N_1 , que devem apenas ser considerados por **produtos de base** e os elementos do conjunto referente ao último nível N_k , que representam os **recursos elementares** ou também designados por **recursos nominativos**.

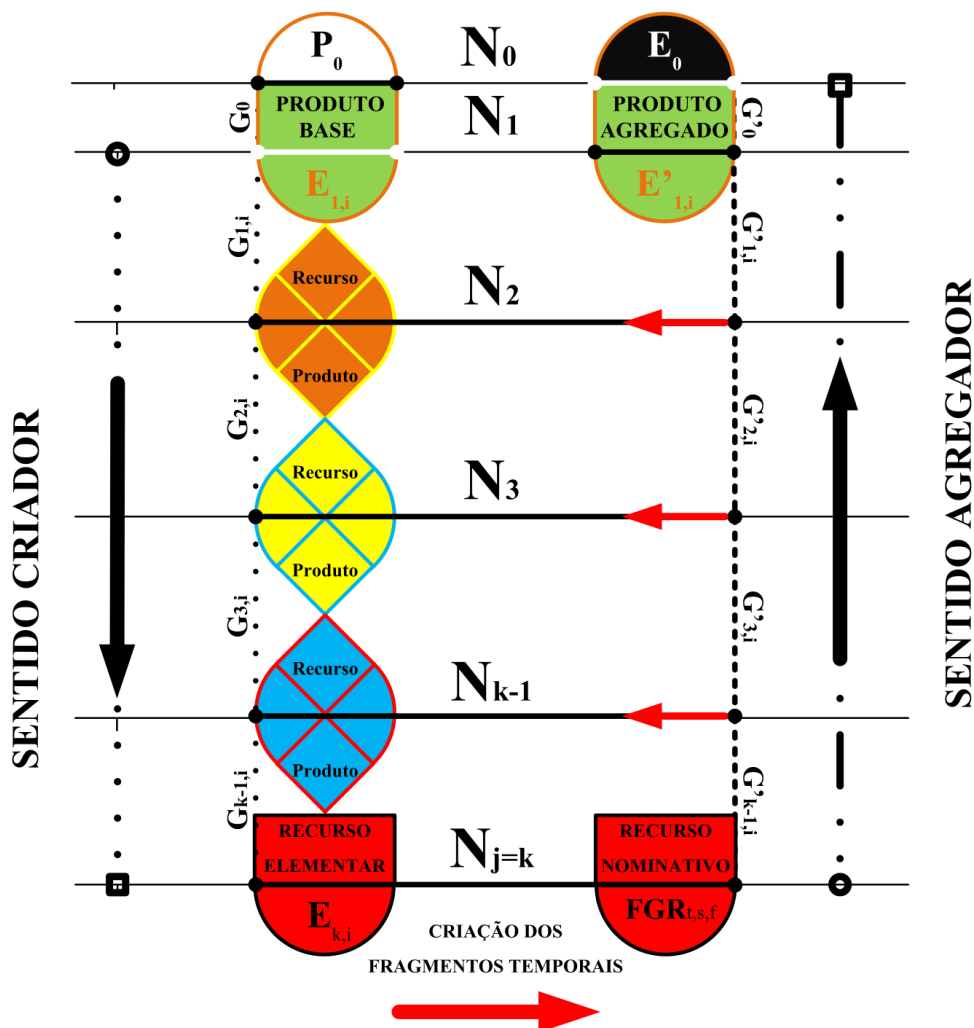


Figura 23 - Estabelecimento da identidade universal de governação do planejamento

Para um determinado projeto, que se pretende a dominância do planeamento e sua gestão integrada, cada elemento $E_{j,i}$ do conjunto de elementos dominantes no nível N_j , ($j > 0$) é definido e rotulado numa lista, assim como, para cada um, são eventualmente criadas listas de parâmetros de interesse e suas dependências entre os restantes elementos do nível inferior, N_{j+1} .

A definição de todos os elementos $E_{1,i}$ do conjunto de elementos correspondentes ao nível de base N_1 dá sustentabilidade ao primeiro esboço do planeamento desejado (planeamento base), para o qual, são definidos os primeiros “caminhos lógicos” dos fluxos temporais entre os seus elementos, tendo em conta inúmeros fatores, nomeadamente, as questões tecnológicas, financeiras, a experiência do planeador, entre outras, criando-se nesse nível, para esse efeito, as devidas ligações de precedências de modo habitual ao planeamento clássico e projetando-se **eventualmente** estimativas para as durações dos processos de criação daqueles produtos de base.

De maneira semelhante, nos outros níveis N_j , ($K > j > 1$) o procedimento é reciado para cada $E_{j,i}$, ($K > j > 1$), considerando os $E_{j+1,i}$, até $j < K$. Ou seja, em cada nível de abstração N_j , ($K > j > 0$), e para cada $E_{j,i}$, estaremos perante uma rede orientada e retratada por um digrafo ponderado, $G_{j,i}$ ($V_{j+1,n}$, $E_{j+1,r}$, $W_{j+1,s}$), em que os $V_{j+1,n}$, são os vértices, $E_{j+1,r}$, os arcos (alguns dos elementos do nível N_{j+1}) e os $W_{j+1,s}$, são as durações de cada processo de transformação dos $E_{j+2,p}$ (recursos) no $E_{j+1,r}$ (correspondente produto), elemento esse, que tendo em conta o sentido de varrimento agregador e perante o $G_{j,i}$, é comutado de produto para recurso. Neste processo de criação dos $G_{j,i}$, naturalmente irá ocorrer a necessidade de incrementar os $E_{j+1,r}$, sucessivamente até $E_{k,r}$.

Surgindo, assim, a necessidade de um novo conceito, que se refere ao diagrama holístico de um sistema do projeto, (DHSP), que, conforme representado na Figura 24, determina o processo pelo qual o que produz é manifestado no produto.

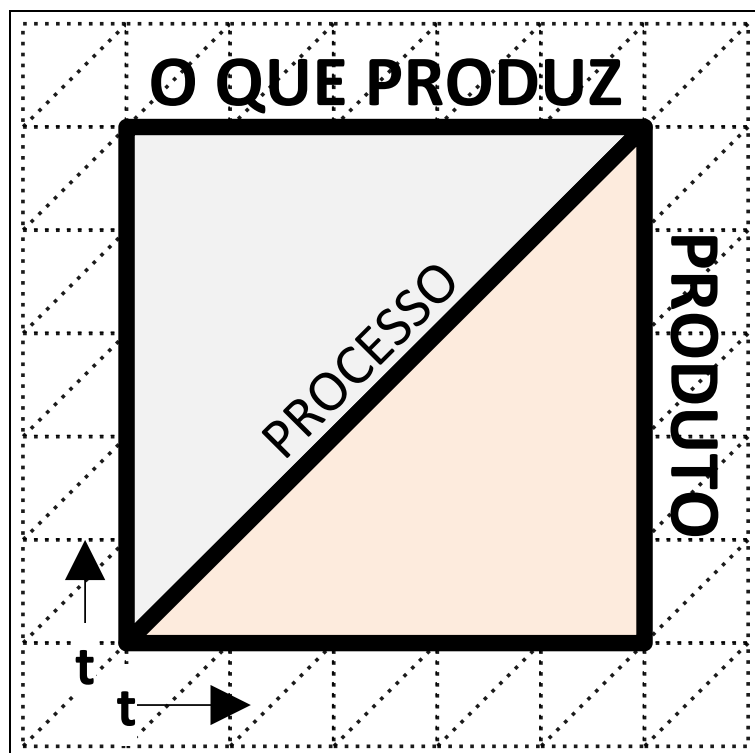


Figura 24 - Diagrama holístico de um sistema do projeto - (DHSP)

Neste sentido, os elementos que ladeiam um determinado processo (subsistema) são representados graficamente no **diagrama holístico do projeto**, sobre a forma de **duplo triângulo isóscele**, independentemente, da sua correspondência ser a de um **recurso**, com representação triangular superior esquerda ou de um **produto**, cuja representação é triangular inferior direita.

É entendível que processo é o nome que se dá a todas as transformações necessárias no decorrer do tempo, para as devidas transformações serem finalizadas sincronicamente, podendo-se admitir que será o vetor resultante entre o vetor tempo dos recursos a serem gastos e o vetor tempo dos produtos a serem fabricados.

Como anteriormente referido, quando se tratar do conjunto do último nível, N_k do universo considerado para o planeamento, os seus elementos $E_{k,i}$ são designados de recursos elementares, melhor denotados por $R_{tipo,i}$, aos quais podemos identificar três tipos: recurso de **utilização pura** ($R1,i$) recurso de **consumo puro** ($R2,i$), e recurso **misto ou dependente** ($R3,i$). Na Figura 25, é feita a representação gráfica daqueles três tipos de recursos elementares a serem considerados no âmbito da metodologia, EHP.

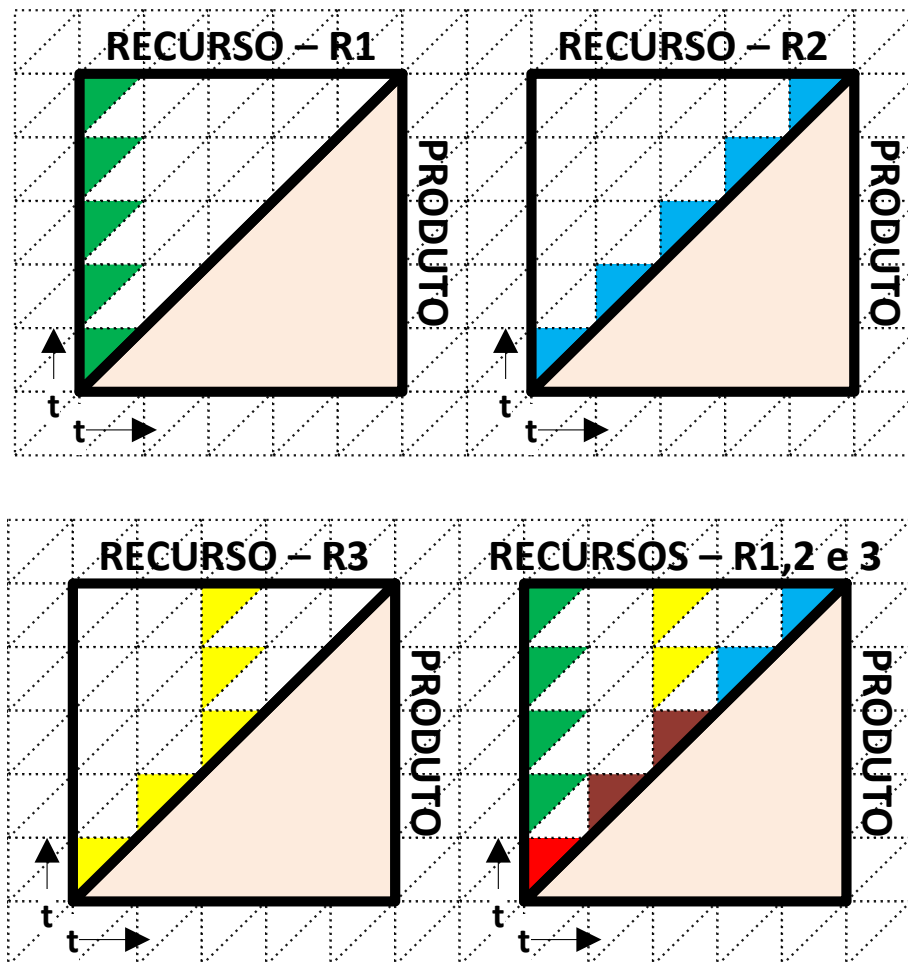


Figura 25 - Diagrama holístico do projeto, tipos de recursos elementares

O primeiro recurso elementar do tipo **R1** é o recurso de **utilização pura** (recurso não acumulável), que é algo que é utilizado em determinada unidade de tempo e é reutilizado sucessivamente nas unidades de tempo seguintes, tendo como representação, uma coluna que acompanha cada unidade de tempo, como exemplo, uma “equipa de mão de obra”, equipamentos;

O segundo recurso elementar do tipo **R2** é o recurso de **consumo puro** (recurso acumulável), que é algo que é consumido em determinada unidade de tempo e não é reutilizado nas unidades de tempo seguintes, cuja representação é feita pela diagonalização temporal, como exemplo, os materiais do tipo “cimento” ou os consumos do tipo “gasóleo” ou uma simples subempreitada;

O terceiro recurso elementar do tipo **R3** é o recurso **misto ou dependente**, que intermeia entre o consumo e a sua reutilização, isto é, embora seja possível a sua

reutilização, comporta-se como um recurso de consumo, sendo a sua trajetória de representação retratada por uma diagonal e, posteriormente, por uma coluna que acompanha em cada unidade de tempo, ou vice-versa, como exemplo, deste tipo de recurso, temos o equipamento do tipo “cofragem”. Neste tipo de recurso elementar também se poderá configurar a dependência entre mais do que um recurso, que tendo em conta as suas características de não dissociação, também se poderá considerar o seu emparelhamento elementar.

4.3.2 Definição da estrutura holística

Será proveitoso para o leitor, uma nova apreciação da Figura 23, na qual é definido o número de níveis de abstração para o governo integrado do planeamento de um dado projeto, assim como todos os N_j , $(k-1 > j > 0)$ níveis, que após esta recontextualização se pode esclarecer, que esta abordagem reflete o conhecimento dos seus respetivos conjuntos de elementos (subsistemas) $E_{j,i}$, e que a obtenção da **estrutura holística** passa pelas seguintes três fases:

F1- Numa primeira fase deste procedimento, tendo em atenção a mestria do planeador experiente, é elaborado o primeiro esboço do planeamento base, P_0 ao nível, N_0 , com utilização dos $E_{1,i}$, considerando-se para o efeito um digrafo **não** ponderado $G_{0,i}$ ($V_{0,n}$, $E_{1,i}$), sendo eventualmente considerado uma estimativa (de modo a ser mais entendível aquele esboço) para o fabrico de cada $E_{1,i}$, isto é, **não é** considerado qualquer valor temporal determinístico nem probabilístico, de processamento dos $E_{2,p}$ para cada $E_{1,i}$.

F2- Numa segunda fase, o instrumentalista, no sentido “**criador**”, faz o varrimento do nível N_1 para nível N_k do qual resulta na construção minuciosa, em cada N_j , $(j > 0)$ de todos os digrafos ponderados, $G_{j,i}$ ($V_{j+1,n}$, $E_{j+1,r}$, $W_{j+1,s}$), em que os $V_{j+1,n}$ são os vértices, $E_{j+1,r}$, os arcos (alguns dos elementos do nível $j+1$) e os $W_{j+1,s}$ serão as durações (a determinar no sentido agregador) de cada processo de transformação dos $E_{j+2,p}$ (recursos) no $E_{j+1,r}$ correspondente produto, elemento esse, que tendo em conta o sentido de varrimento agregador e perante o $G_{j,i}$ em questão, é comutado de produto para recurso, sendo que nesta primeira instância, todos os $W_{j+1,s}$ não tomaram qualquer valor.

Como resultado inequívoco da construção de cada digrafo, $G_{j,i} (V_{j+1,n}, E_{j+1,r}, W_{j+1,s})$, obter-se-á as suas respetivas matrizes definidoras, nomeadamente a matriz de adjacência e a matriz de incidência através da leitura do código intrínseco de cada subsistema criado, designado de holocódigo.

F3 – Nesta última fase, no sentido agregador do varrimento do nível N_k até N_1 , em que para cada nível N_j ($0 < j < k$) visitado, e para cada um dos elementos $E_{j,i}$, os seus correspondentes digrafos, são reescritos na base dos $FGR_{t,s,f}$ dando origem aos $G'_{j,i} (V_{j,m}, FGR_{t,s,f}, W_{t,s,f})$, em cada nível agregador, e que no limite deste procedimento, quando $j=0$, obtém-se $G'_{0,i}$, que é o digrafo ponderado que traduz o planeamento na base do planeamento pretendido, ou seja, será possível nessa base obter as respetivas matrizes de adjacência, de incidência e de ponderação naquela base através da leitura e processamento do respetivo holocódigo agora agregado.

O referido processo de reescrita só será controlado se existir a disponibilidade de um algoritmo funcional, possível de ser aplicado a digrafos genéricos do tipo $G(V_M, A_N)$, constituído por só um vértice inicial, f designado de fonte, e só um vértice final, s , este designado por sumidouro, em que seja possível obter um digrafo resultante $G'(V'_M, A'_N)$, por aplicação de $Alg_Agrega \{G(V_M, A_N), A_T(u,v), G^*(V^*_P, A^*_Q)\} \rightarrow G'(V'_M, A'_N)$, em que $G^*(V^*_P, A^*_Q)$ é também um digrafo de um só vértice inicial, f^* (fonte) e um só vértice final, s^* (sumidouro), tal que $G'(V'_M, A'_N)$, seja construído pela troca direta de uma qualquer aresta A_T de vértices (u,v) pertencentes a G , em que u e v , sejam respetivamente o vértice “cauda” e o vértice “cabeça” dessa aresta, ambos pertencente a G .

Aquela referida troca direta passa por se fazer corresponder os vértices u e v , de A_T , pertencente a G , respetivamente $(u \rightarrow f^*)$ e $(v \rightarrow s^*)$, conduzindo-se a uma total integração dos vértices V^*_P , e das aresta A^*_Q , pertencentes a G^* em G , cujas renumerações se mantenham topológicas, e que sejam feitas, sem perda de posição relativas nesses conjuntos, e que sejam refeitas de modo integrado em M^* e N^* , dando origem a definição do digrafo resultante $G'(V'_M, A'_N)$ pretendido.

4.3.2.1 Procedimento computacional para construção da estrutura holística

O necessário procedimento computacional, para a possível construção holística é substanciada na base do funcionamento do algoritmo genérico, **Alg_MGP_j**, capaz construir a pretendida estrutura holística, por aplicação iterativa de vários algoritmos, sendo o algoritmo mais notório o titulado de **Alg_Agrega**, que passaremos a explicar os seus quatro passos:

$$\mathbf{Alg_Agrega}\{\mathbf{G}(\mathbf{V}_M, \mathbf{A}_N), \mathbf{A}_T(u, v), \mathbf{G}^*(\mathbf{V}_P^*, \mathbf{A}_Q^*)\} \rightarrow \mathbf{G}'(\mathbf{V}_M^*, \mathbf{A}_N^*).$$

Passo 1 - Embora não sejam para já utilizados, serão obtidas e guardadas (para posterior retroalimentação) todos os holocodigos, definidos em todos N_j , ($k \geq 0$) e para os seus elementos $E_{j,i}$ representativos, em que tal obtenção desses respetivos códigos é feita por aplicação do algoritmo **Alg_Código** $\{G_{j,i}(V_{j+1,n}, E_{j+1,r})\} \rightarrow \text{Código}, C_{j,i}$, em que é a string $C_{j,i}$, representa o sistema/elemento, $E_{j+1,r}$, códigos esses, que, são denominados por potenciais códigos de agregação dos fragmentos de recursos nominativos, **FGR_{t,s,f}**.

Passo 2 - Num primeiro momentos e para cada $E_{k-1,i}$, deve-se evidenciar cada digrafo ponderado, $G_{k-1,i}(V_{k-1,m}, E_{k,i}, W_{k,i})$ ou melhor denotado por, $G'_{k-1,i}(V_{k-1,m}, \mathbf{FGR}_{t,s,f}, \mathbf{W}_{t,s,f})$, em que, $E_{k,i}$ é substituído por **FGR_{t,s,f}**, visto que, no processo de criação dos $E_{k-1,i}$, os $E_{k,i}$ poderão ser usados ou consumidos em, **f**, fragmentos temporais do recurso alvo, **R_{t,s}**, fragmentos esses, que aqui se denotam por, **FGR_{t,s,f}**, definindo-se também, para sua amplitude, **AMP_{t,s,f}**, o valor $[\mathbf{DFF}_{t,s,f} - \mathbf{DIF}_{t,s,f}]$, em que, **DFF_{t,s,f}**, **DIF_{t,s,f}**, representa respetivamente a data de fim e a data de início do uso ou consumo do fragmento, **FGR_{t,s,f}**. Posto isto, passamos para a seguinte etapa necessária:

Passo 3 - Para a imputação inicial do valor de todas as amplitudes, **AMP_{t,s,f}** dos **FGR_{t,s,f}**, e respetivas **DFF_{t,s,f}**, **DIF_{t,s,f}**, é feito um leque de considerações (em que é possível tomar decisões), tendo em conta o tipo de recurso, o seu subtipo, assim como a sua natureza de gasto temporal de uso ou consumo, através da consideração de rendimentos ou cargas a estabelecer ou já pré-estabelecidas em dossiers de fichas de rendimentos e ou de custos.

Passo 4 - Para o nível inferior N_{k-2} , (e subsequentes), e em cada digrafo ponderado, $G_{k-2,i} (V_{k-2,i}, E_{k-1,i}, W_{k-1,i})$, representativo do elemento, $E_{k-2,i}$, pertencente a esse nível é aplicado sucessivamente $|k-1,i|$ vezes o algoritmo **Alg_Agrega**, com os seus argumentos: **Alg_Agrega** $\{G_{k-2,i}(V_{k-2,i}, E_{k-1,i}, W_{k-1,i}), \mathbf{FGR}_{t,s,f}(u,v), G'_{k-1,i}(V_{k-1,m}, \mathbf{FGR}_{t,s,f}, W_{t,s,f})\} \rightarrow G'_{k-2,i}(V_{k-2,m}, \mathbf{FGR}_{t,s,f}, W_{t,s,f})$.

A obtenção de cada $G'_{j,i} (V_{j,m}, \mathbf{FGR}_{t,s,f}, W_{t,s,f})$ em cada nível agregador é, portanto, feita pela aplicação $|E_{j,i}|$ vezes sucessivas do **Alg_Agrega**. Para cada $G'_{j,i}$ obtido, é feito o cálculo do fluxo máximo e identificar os fragmentos $\mathbf{FGR}_{t,s,f}$ que ainda se mantenham críticos, ou se tornaram críticos pela primeira vez.

Após ter sido feita a agregação até nível N_0 , é obtido o digrafo G'_0 , são calculadas, para cada um dos seus fragmentos, $\mathbf{FGR}_{t,s,f}$, as suas datas $\mathbf{DFF}'_{t,s,f}$, $\mathbf{DIF}'_{t,s,f}$ e respectivas folgas, assim com também é identificado seus elementos críticos, seguindo-se o processo de identificação otimizada do recurso alvo, definida pelo **Alg_Alocação_Recurso_Alvo**, no qual se impõe valores nulos para as folgas, livre e total, de cada um dos $\mathbf{FGR}_{t,s,f}$.

Note-se que a condição primária de concretização de qualquer elemento $E_{j,i}$ ($j < k$) é de que:

Para qualquer elemento $E'_{j,i}$ agregado pertencente a um determinado nível N_j , todo e qualquer $\mathbf{FGR}_{t,s,f}$, interessado, seja disponibilizado e esteja apto a ser consumido ou a ser usado em seus devidos tempos de consumos e, ou de usos, respetivamente. Neste momento, será também importante ressaltar que, em qualquer sistema aberto, é permitida o estabelecimento de quaisquer outras regras de prioridades, que em nada obedeça à lógica seguida pelo processo, assumindo-se, assim, outros critérios não controlados pela razão processual, mas sim, pela decisão operativa.

4.3.2.2 Exemplo da construção manual de uma holística temporal

No seguimento do descrito nos pontos anteriores e a título de exemplo explicativo (exemplo 1) desta nova metodologia integrada de planeamento e gestão de projetos, foi realizada manualmente a construção de uma holística temporal ($j=3$, logo $k=3$)

representativa de um pequeno sistema, configurado por apenas **quatro** elementos/subsistemas, $\{E_{1,1}; E_{1,2}; E_{1,3}; E_{1,4}\}$ esboçados em P_0 , conforme ilustrado no digrafo não ponderado (não constituindo assim uma rede) da Figura 26, sistema para o qual, foi também disponibilizado, para serem utilizados ou consumidos, apenas seis recursos elementares genéricos, $E_{k,i} = \{E_{k,1}; E_{k,2}; E_{k,3}; E_{k,4}; E_{k,5}; E_{k,6}\}$.

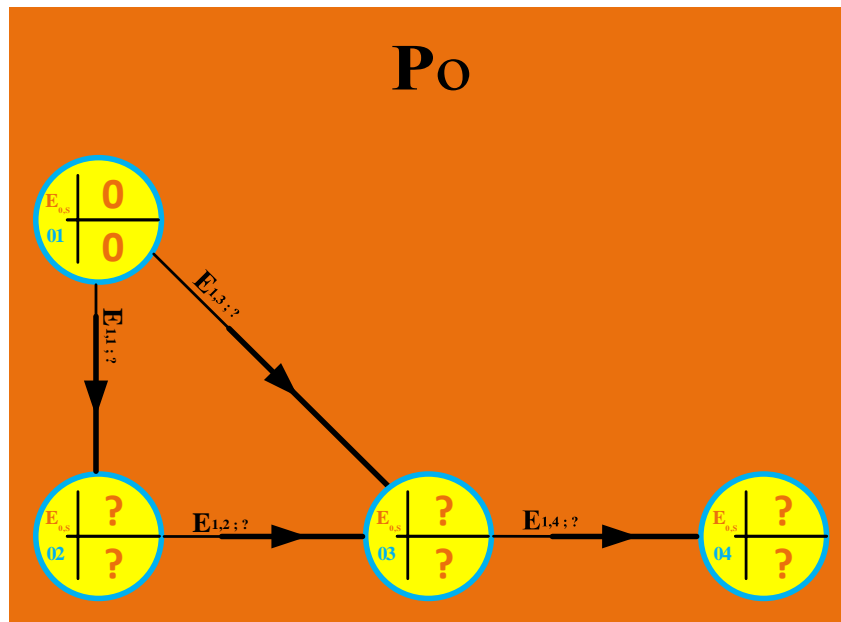


Figura 26 - Esboço em P_0 de uma holística, com $k=3$

Na Tabela 5, são apresentados os valores das amplitudes temporais, que foram imputadas (no sentido criador) para os fragmentos dos elementos $E_{k,i}$ (recursos elementares), assim como as amplitudes máximas dos restantes elementos dos outros níveis de abstração, sendo que estas últimas amplitudes foram calculadas durante o processo de agregação, cuja geometria foi também implementada manualmente, conforme ilustrado nas Figuras, 27, 28, 29, 30 e 31 que se seguem, as quais contemplam o cálculo antes e após as respectivas agregações.

Sendo também explicitado naquelas Figuras, o aumento da criticidade elementar (evidenciado pelo o aumento progressivo da espessura das setas vermelhas) de alguns dos fragmentos dos recursos elementares, à medida que o processo de agregação é realizado, e constatando-se também a individualidade dos subsistemas no que respeita a sua amplitude mínima, que conduziram a amplitude de 192 unidades de tempo para a amplitude mínima de P_0 .

Tabela 5: Valores das amplitudes dos elementos de uma holística, com $k=3$

	E2,1	E2,2	E2,3	E2,4	E2,5	E2,6	E2,7	E2,8	E2,9	E2,10	
E3,1		5;10		14	7	2	5	20	5;20		
E3,2		6	5		12	4	5	10	15;2;1	15	
E3,3	1	5	10	22			20;5	18;45	10;5		
E3,4					15	2	10	10	4;10	10	
E3,5											
E3,6	80	10			40	2	20	22	5;10;10	2	
											Po 192
E1,1			15	36	67			77		25	102
E1,2		26				6	40				40
E1,3	81								70		151
E1,4		26*	15*								41

Nesta tabela é notório que mesmo se tratando de um simples exemplo ($k=3$) de diminuta dimensão e complexidade, existe uma enorme dificuldade de explicitação dos parâmetros temporais, ou consumais dos respectivos subsistemas, tendo-se criado para esse efeito, como veremos no capítulo seguinte, uma base de dados de registo em linha, isto é, para além dos elementos/subsistemas estarem indexados ao seu nível de abstração N_i . Começando pela imputação das amplitudes dos fragmentos elementares, a leitura da Tabela 5 deverá ser feita da esquerda para a direita (seguindo a orientação das setas), verificando-se, para este exemplo, que o recurso elementar $E_{k,6}$, na sua predisposição de utilização em $E_{k-1,9}$ (isto é, em $E_{2,9}$), é substanciado por três fragmentos diferenciados, cujas amplitudes são respetivamente de 5, 10 e 10 unidades de tempo. Constatando-se também que embora o recurso elementar $E_{k,5}$ tivesse sido disponibilizado, nenhum fragmento seu foi gerado, por outras palavras, para esse mesmo recurso não foi necessária a sua utilização ou o seu consumo pelo sistema.

Sendo ainda introduzido nesta holística o conceito de clonagem de subsistemas, em que, por exemplo, o subsistema/elemento $E_{2,2}$ e $E_{2,3}$ são clonados*, respetivamente em $E_{1,2}$ para $E_{1,4}$ e $E_{1,1}$ para $E_{1,4}$, procedimento do qual resultará num consequente aumento dos números de fragmentos temporais dos recursos elementares $\{E_{k,1}; E_{k,2}; E_{k,3}; E_{k,6}\}$.

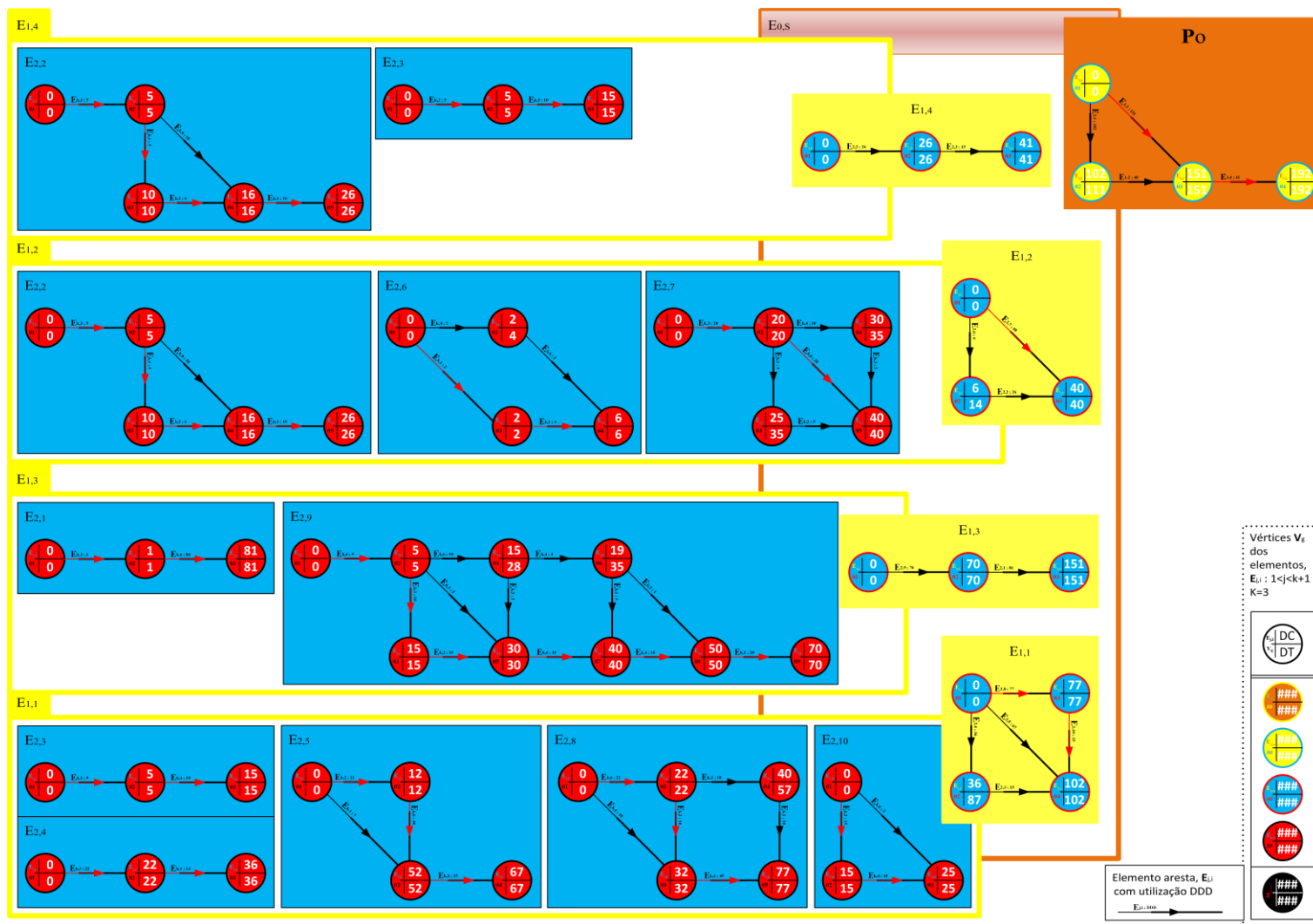


Figura 27 - Explicação por digrafos dos elementos constituintes do sistema e do processo de agregação do nível 3 para o nível 2

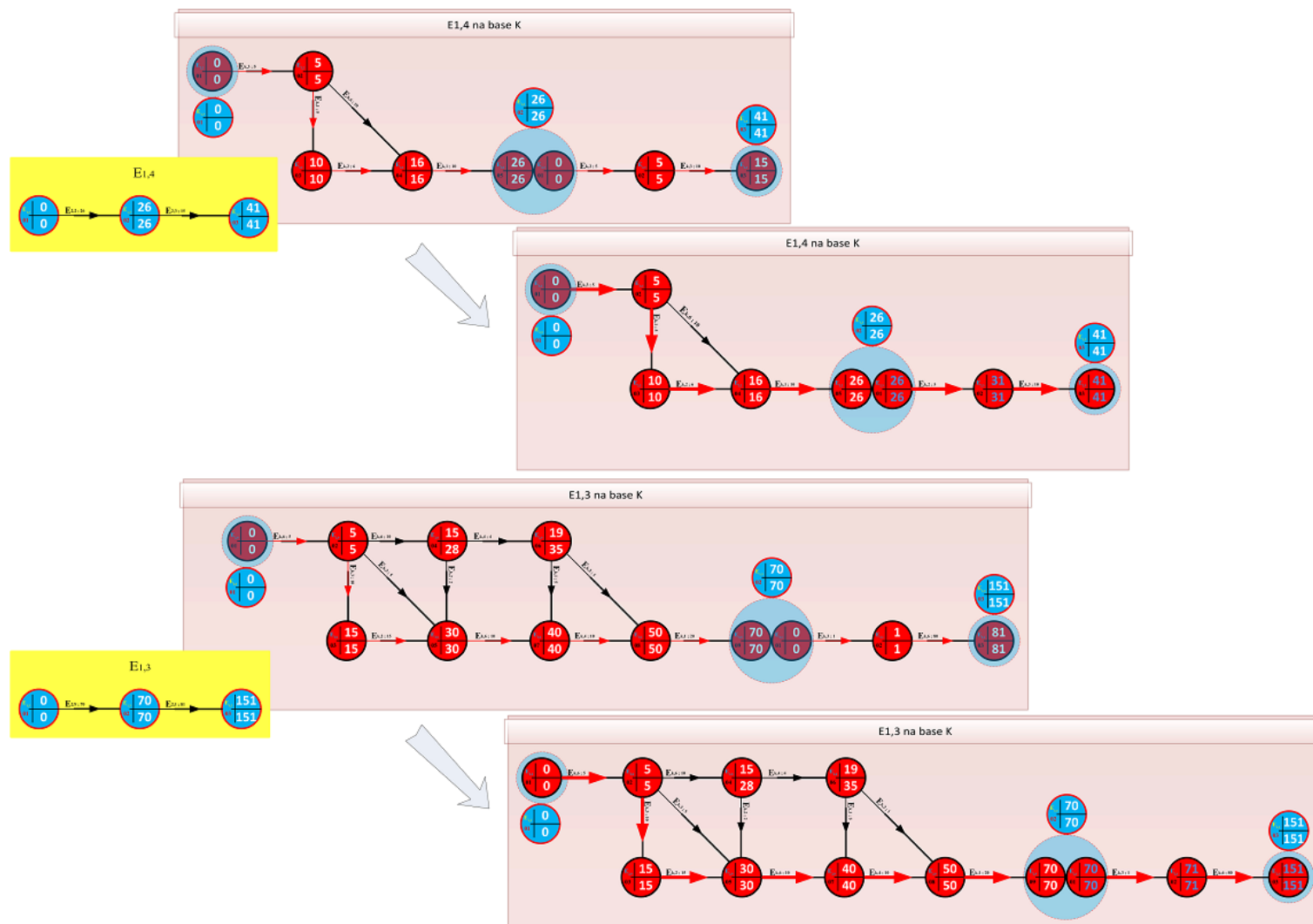


Figura 28 - Processo de agregação do nível 2 para o nível 1 com explicitação após o cálculo

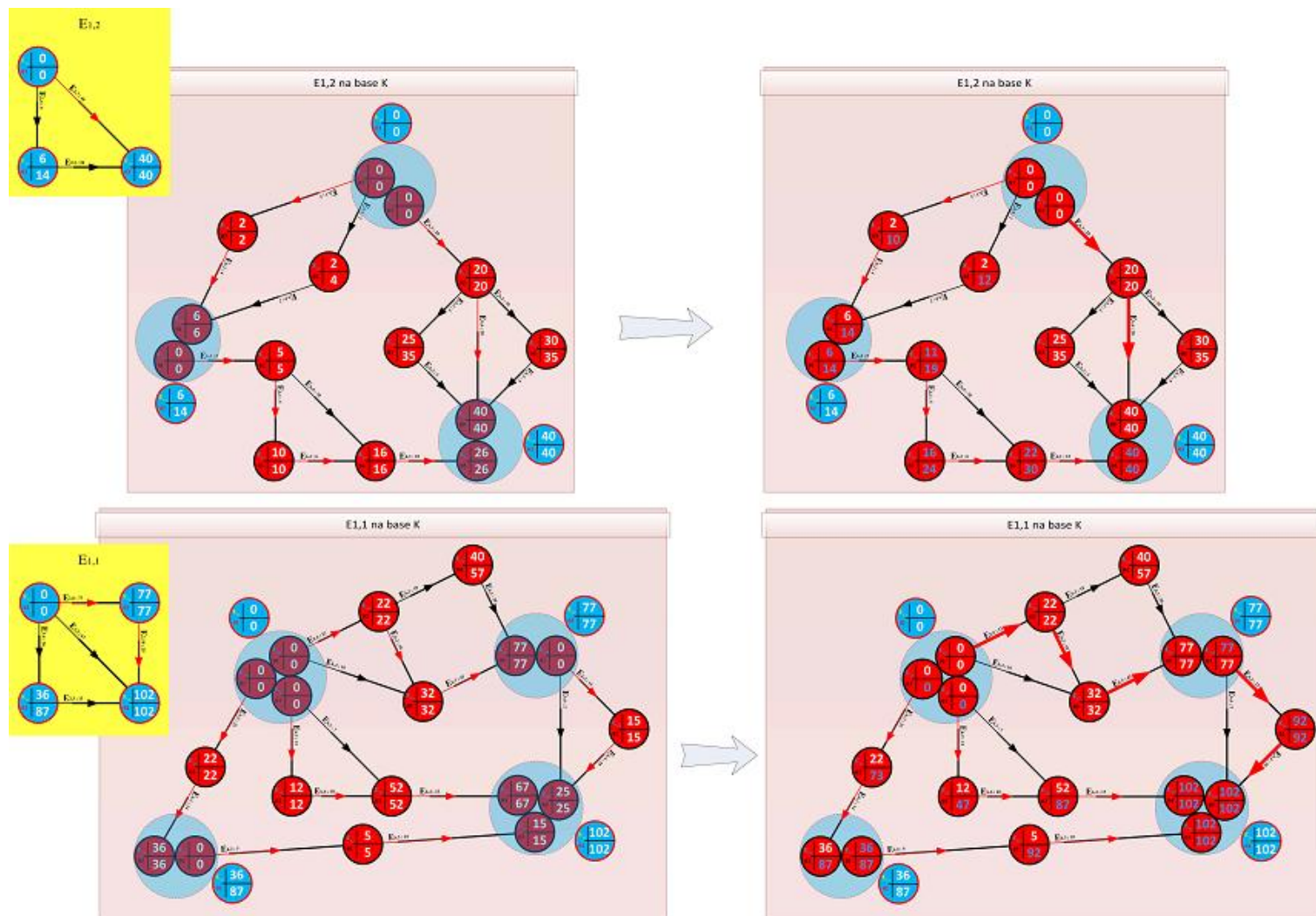


Figura 29 - Processo de agregação do nível 2 para o nível 1 com explicitação, após o cálculo

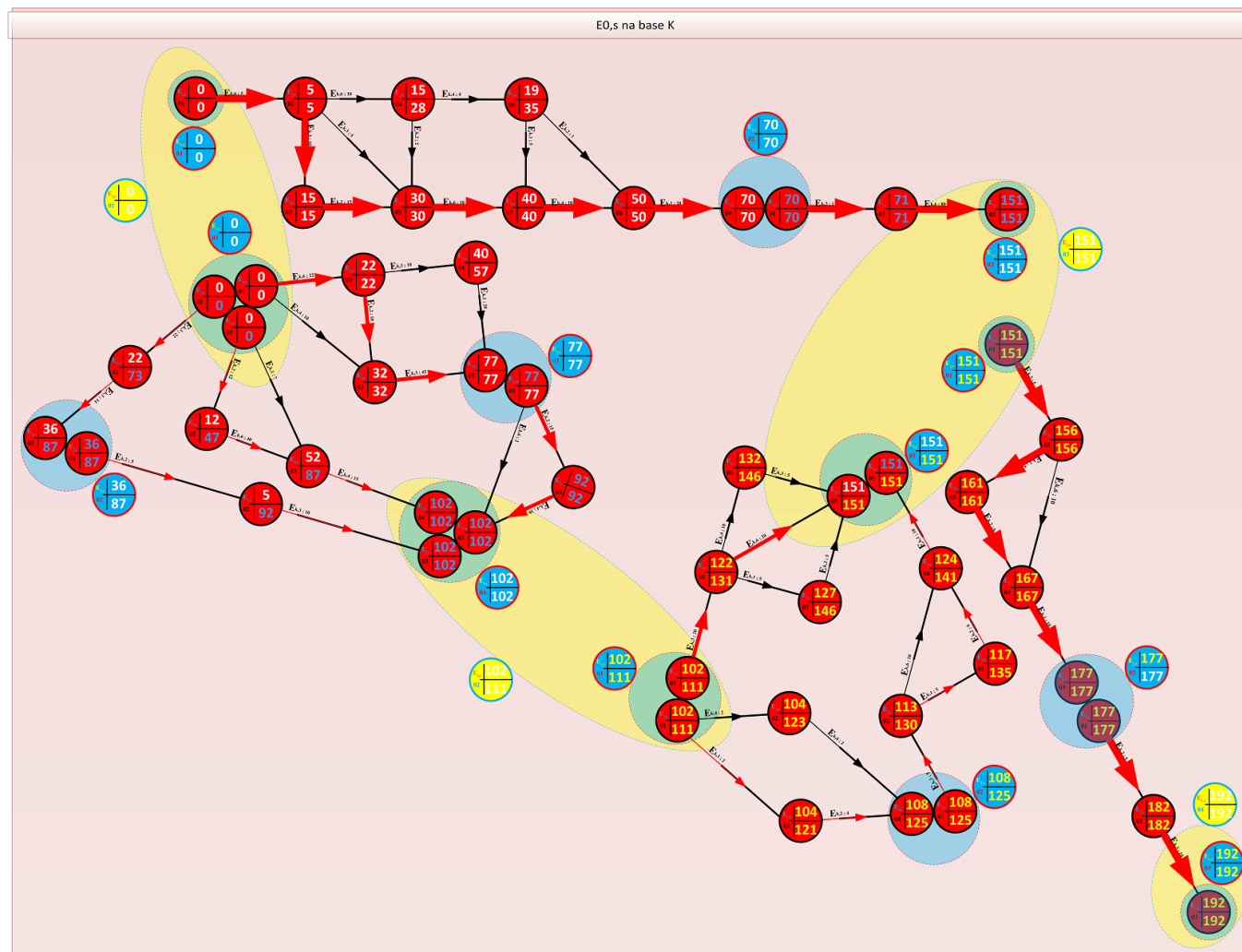


Figura 31 - Processo de agregação do nível 1 para o nível 0, com cálculo

Obtendo-se, conforme Figura 32, após o procedimento de agregação e respectivos cálculos, o resultado do planejamento referente às datas de início e de fim, para o balizamento e concretização de cada subsistema esboçado em P_0 , assim como os valores para suas amplitudes mínimas e correspondentes graus de criticidades associados, que são mais acentuada em E1,3 e E1,4, resultados esses que são evidenciados no digrafo ponderado da Figura 31.

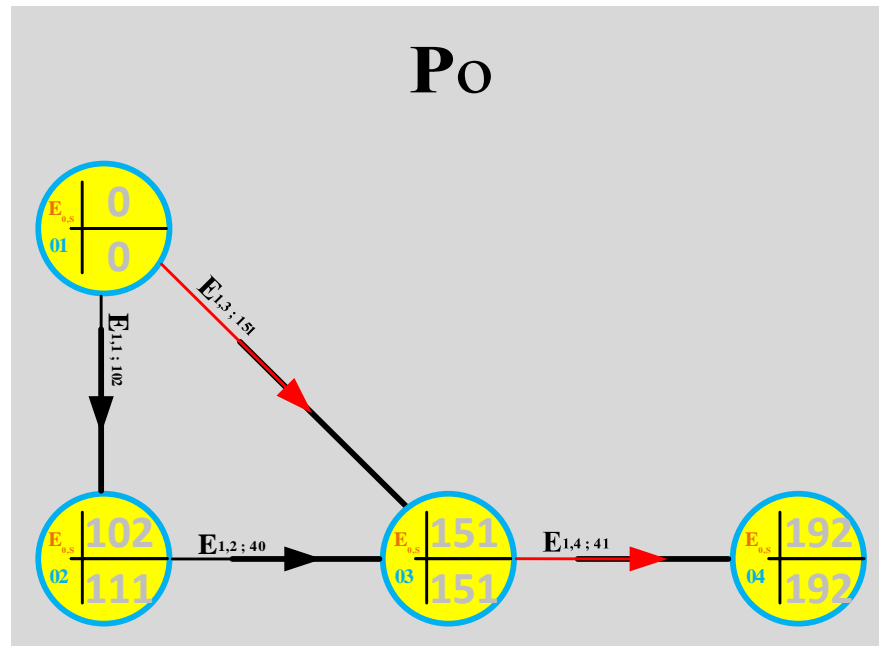


Figura 32 - Resultados em P_0 de uma holística, com $k=3$

A complexidade de um qualquer sistema da vida real é imensamente maior do que o exemplo aqui retratado, sendo que a primeira conclusão que se pode retirar deste exemplo é a de que esta nova metodologia só é praticável em tempo útil na indústria da construção civil, com o uso vincado da computação, cuja implementação se impõe na base da criação de algoritmos dedicados (que serão abordados no capítulo seguinte, assim como este exemplo será retomado). Cabe, desde já, reforçar a ideia de que a alimentação ao sistema deverá ser feita ao nível da amplitude dos fragmentos dos recursos elementares, e que, para isso, teremos três formas combinadas de o fazer: ou imputamos rendimentos através das cargas temporais ou imputamos as cargas singulares dos objetos ou impomos os valores para aquelas amplitudes.

4.3.2.3 Criação da matriz de prioridades para o gozo de um recurso alvo

Entre os três tipos de recursos elementares definidos, tipo R_1 , R_2 e R_3 , em que o tipo R_1 é o recurso de utilização pura, o do tipo R_2 é o recurso de consumo puro, e o tipo R_3 é o recurso misto ou dependente, salvo melhor opinião, aquele que se pode configurar mais premente na questão das prioridades, é o tipo **R_1** de **utilização pura**, pois o seu comportamento impaciente de espera, conduz à condição de espera nula, a sua alocação terá maior pertinência perante os outros tipos de recursos, pois estaremos a falar por exemplo, da mão-de-obra, cujos custos inerentes a tais desperdícios, são geralmente de maior grandeza, que se verifica nos recursos do tipo R_2 e R_3 .

Repare-se que os recursos do tipo **R_1** (utilização pura) regra geral são inicialmente considerados de dominantes, pois se reafirmam como agregadores dos restantes tipos de recursos, e por essa razão também cada um dos seus fragmentos temporais são passíveis de serem considerados de **críticos natos**, podendo ainda dentro desse conjunto, ser pré-estabelecido graus de importância no seu uso.

Os recursos do tipo **R_2** (consumo puro) e **R_3** (misto ou dependente) são considerados de agregativos, e tornam-se potenciais agregados, quando é criada alguma dependência direta em pelo menos um fragmento de um dado recurso do tipo **R_1** . O risco de que algum fragmento de consumo desses recursos se tornar crítico deverá ser constantemente tido em atenção, conduzindo-se a uma redefinição dos recursos dominantes conexos.

Relativamente ao recurso de tipo R_1 , de utilização pura, pode-se considerar que, para satisfação de um dado fragmento $FGR_{t,s,f}$ do recurso subtipo, $R_{1,s}$ é usado um determinado recurso nominativo RN_{1,s,n° , de modo a que fique apto para ser novamente usado noutro fragmento de tempo $FGR_{t,s,f+1}$, preferencialmente, no mesmo espaço físico de atuação e em modo contínuo de gozo; isto é, sem que se interponha fragmentos nulos entre eles. Ainda no que concerne a este tipo de recurso, o conjunto dos fragmentos que pode primeiramente gozar do uso do recurso $R_{1,t}$, é o pertencente aos $FGR_{t,s,f}$ **com maior** grau de criticidade, isto é, existirá uma disputa para tal gozo do recurso, quer por parte dos fragmentos puros do nível base, quer por fragmentos do nível que ladeiam ou intersejam outros níveis.

Contudo, para um determinado nível N_j , será espectável que os fragmentos considerados críticos existentes nesse nível sejam os preferidos para o gozo efetivo e mais cedo daquele recurso, concluindo-se, assim que a prioridades a estabelecer nos fragmentos desse nível N_k , para o desfrute do recurso alvo, seja condicionado pela **ordem de criticidade** desses fragmentos no nível N_j . Considerando que a **Criticidade** é a característica mensurável de um dado subsistema, que contém pelo menos um fragmento temporal, $FGR_{t,s,f}$, de um determinado recurso nominativo (**f**), pertencente a um dado subtipo (**s**), de um tipo de recurso (**t**), expressa em percentagem (0 à 100%) para a qual se estabelece, tendo em conta o maior grau de criticidade relativa de todos os subsistemas contidos pelo mesmo subsistema progenitor, característica essa, que indica qual o nível holístico ($n=j-k$), no sentido agregador, a partir do qual, tal fragmento temporal deixa de ser crítico.

Na Figura 33, é feita a representação gráfica de um determinado subsistema, evidenciando-se no diagrama holístico a sua criticidade e respetivo eixo isocrítico, tendo-se por base a data de início de processamento fixada por algum critério pré-estabelecido como, por exemplo, o custo, a qualidade ou simplesmente uma prioridade política.

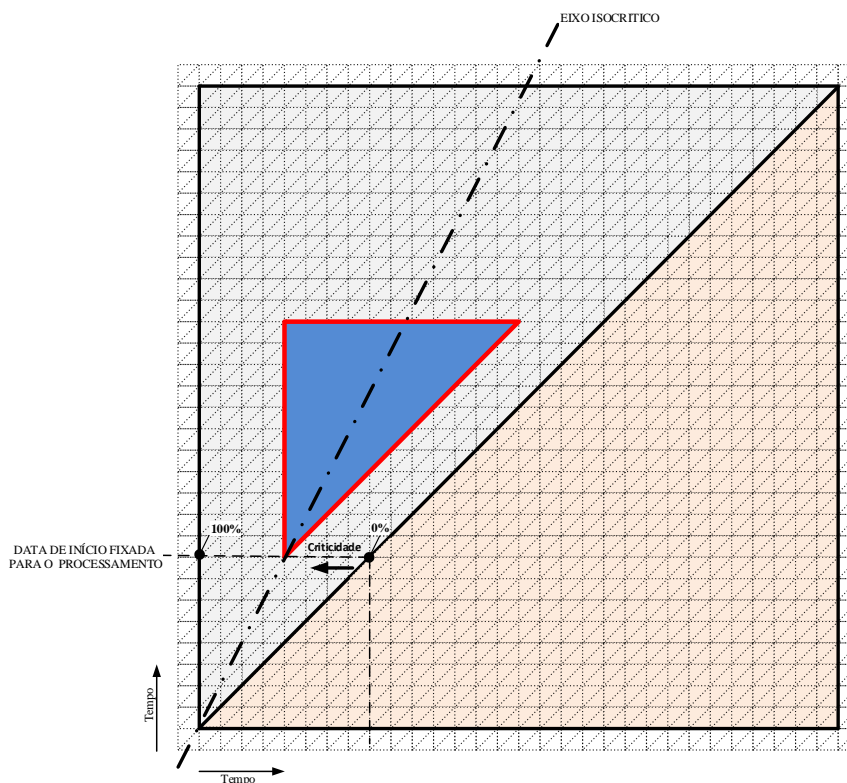


Figura 33 - Representação da criticidade de um subsistema no espaço dos recursos

Tendo como hipótese válida, que no nível, N_{k-1} , todos os $E_{k,i}$, isto é, os correspondentes fragmentos $FGR_{1,s,f}$ (em que $tipo=1$) são críticos. No sentido agregador, em cada sucessivo nível visitado, alguns fragmentos irão comportar folgas de uso e assim deixarão de ser críticos. No nível, N_0 , os fragmentos $FG_{k,i,v}(R_{tipo,i})$ que ainda sejam críticos deverão ser os primeiros a serem alocados e sucessivamente, tendo em consideração as tabelas adequadas aos estudos (os estudos parcelares) pretendido para aplicação de **Alg_Alocação**.

Considerado que, para cada $E_{k-1,i}$ e o seu correspondente digrafo $G'_{k-2,i}$, conforme Figura 34, existe um relacionamento unívoco com os seus fragmentos de agregação, $FGR_{t,s,f}$. Para cada fragmento, $FGR_{t,s,f}$, deve-se fazer a sua devida correspondência, ao recurso nominativo RN_{t,s,n^o} , que dinamicamente (perante o holismo do sistema, este é capaz de aprender) é recolocado na sua lista, $LR_{t,s}$, seguindo critérios mutantes de posicionamento preferencial de uso.

A correspondência de um determinado conjunto de fragmentos contidos em $FGR_{t,s,f}$ ao consecutivo **disponível** recurso nominativo RN_{t,s,n^o} , é feita por aplicação de um algoritmo denominado de **Alg_Alocação**, que deve ser eficiente na alocação de um determinado recurso nominativo RN_{t,s,n^o} . Resultando numa otimização do seu uso, nomeadamente, maximizando o fluxo continuado de utilização para um determinado espaço físico do seu domínio, em que a apresentação da alocação em referência seja estabelecida através de um tabela nominativa de alocação, $Te(RN_{t,s,n})$.

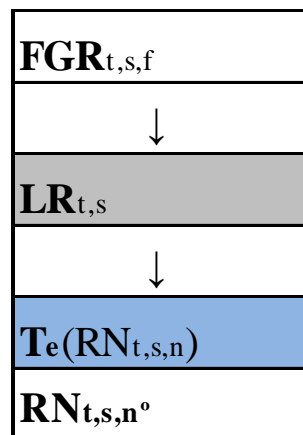


Figura 34 - Relacionamento unívoco dos fragmentos de agregação, $FGR_{t,s,f}$

Sendo que $Alg_Alocação \{ FG_{k,i,v}(R_{tipo,g}), LR_{tipo,g}(RN_{tipo,g,r^o}) \} \rightarrow Te(RN_{tipo,g,r^o})$.

Um outro resultado de interesse é o de que em qualquer momento, o governante possa ser informado sobre qual a verdadeira alocação dos recursos nominativos, conforme é ilustrado na Figura 35, sendo que tal representação deve ser também baseada no DHP.

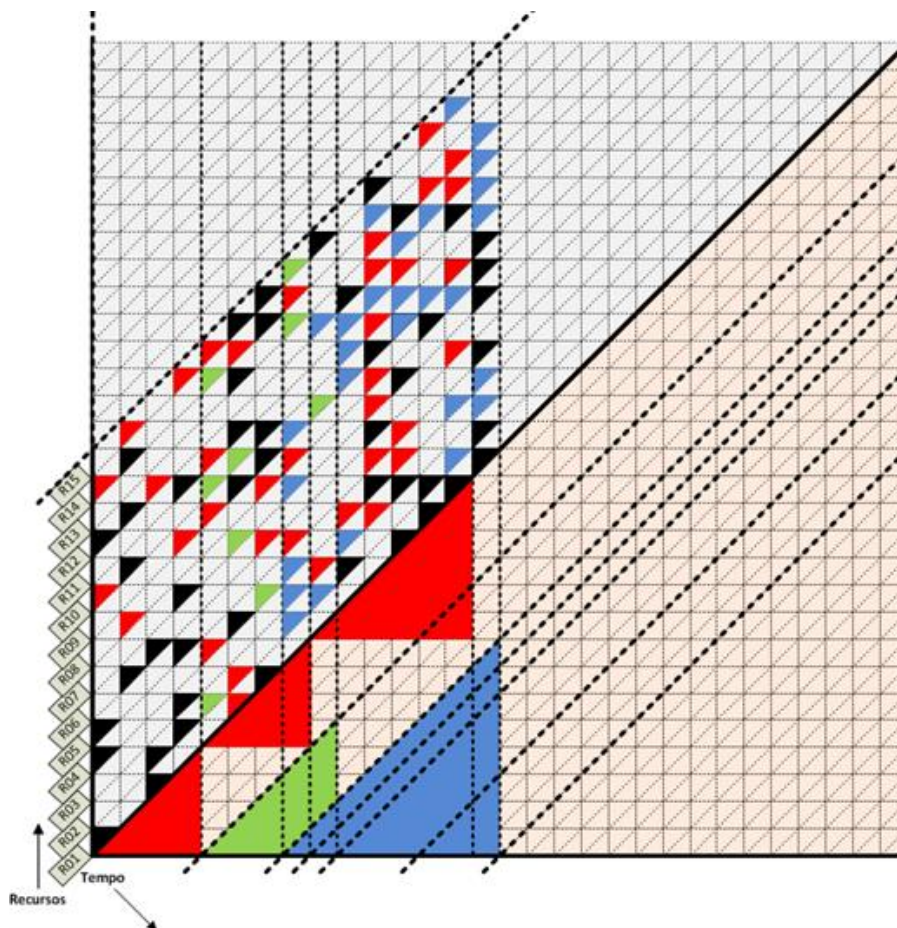


Figura 35 - Forma de representar qual a alocação dos recursos elementares

Sendo de realçar que uma das condições correntes para a existência dos recursos elementares de $E_{k,i}$ é de que o projeto tenha uma cabimentação orçamental válida, daí ser vital que esta ferramenta seja capaz de governar para além do entendimento lógico dos fluxos de recursos nominativos, ou seja, se para além dos elementos $E_{k,i}$ do nível N_k , que são considerados como os últimos elementos entendíveis na lógica da programação de interdependências, for considerado ainda um nível superior (**nível monetário**) N_{k+1} , de tal modo que a maior parte dos elementos de $E_{k,i}$, ou seja, os $R_{tipo,i}$, sejam elementos, ainda definidos por dependência direta dos **elementos moeda**, $E_{k+1,i}$ dominantes no nível N_{k+1} , então poderemos numa base de extensão dos procedimentos de agregação dos recursos

elementares, fazer-se o acompanhamento e a gestão integrada do planeamento através do **hiper-recurso** elementar moeda, melhor denotado por $M_{k+1,i}$.

A quantificação e controlo dos fluxos de custos também se revestem de grande importância para o gestor de projetos. Como já foi referido, tendo em consideração o nível **monetário**, N_{k+1} , cujos elementos são os **hiper-recursos**, $M_{k+1,i}$, ficamos, desta forma, dotados da necessária base para o procedimento de quantificação e o controlo dos fluxos de custos em todos os níveis N_j e seus respetivos elementos $E_{j,i}$.

4.3.3 Subespaço das transformações e sua representação gráfica

No subespaço das transformações, que é o espaço integrador de maior dimensão do EHP, são realizadas transformações regradas de lógica e fundamento com imputações oriundas de todos os intervenientes autorizados na base de dados.

Para cada nível de iteratividade, N_i , devidamente identificado, os seus instrumentalistas deverão ter uma visão global do processo de transformações e, para isso, é premente que a sua representação seja do tipo representada na Figura 36.

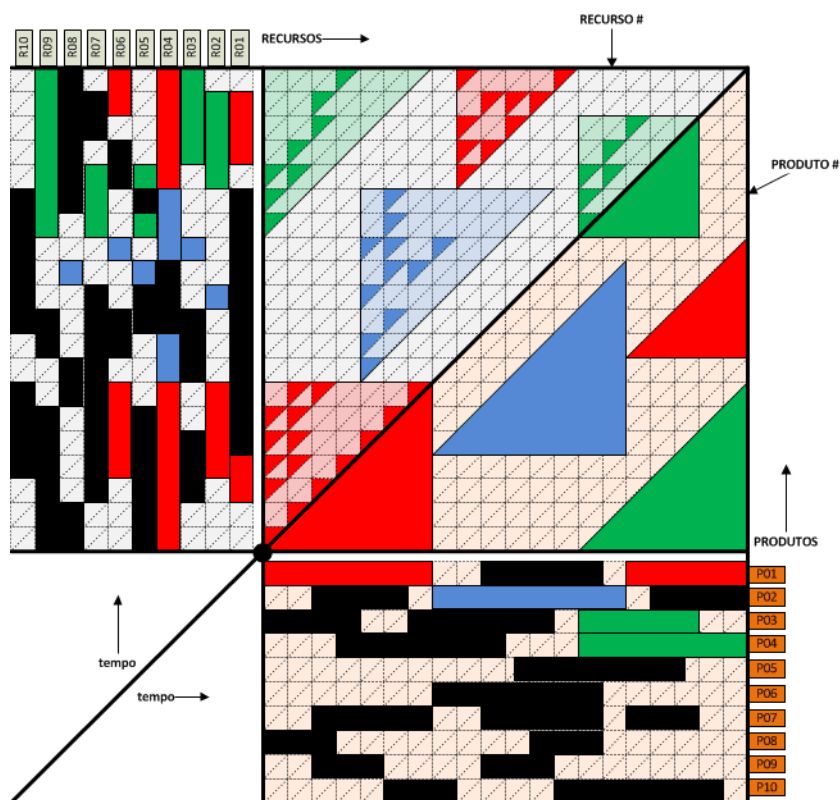


Figura 36 - Representação global dos processos das transformações no diagrama holístico do planeamento

Nesta representação gráfica, para além da leitura visual das interações e precedências entre elementos para um determinado produto#, ficamos com uma perspetiva clara dos seus subprodutos, assim como dos recursos associados a cada um desses subprodutos, ficando-se também patente a sua disponibilidade em cada nível (as barras pretas indicam indisponibilidade) temporal ou no caso dos subprodutos da sua ocupação temporal.

Para além da óbvia necessidade de compartimentar alguns conceitos explanados no capítulo 3, será também necessário aclarar algumas das transformações, que podem ocorrer entre dois níveis de abstração no universo de um determinado planeamento. Na Figura 37, com base na representação fractal (num diagrama holístico), é exemplificado graficamente, para um determinado instante, as iterações entre dois níveis desse planeamento, N_j e N_{j+1} .

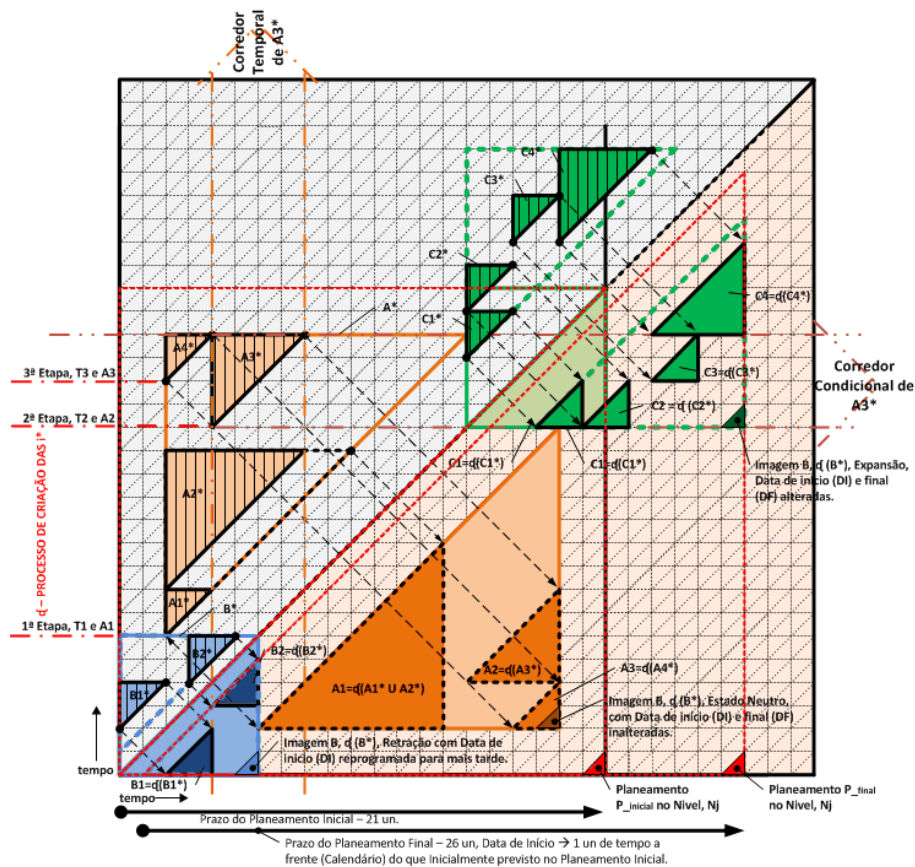


Figura 37 - Exemplo da iteração entre dois níveis, N_j e N_{j+1} , para $j+1 < k$

Pois bem, sejam os elementos dos conjuntos N_j , tal que $j > 1$ e $j+1 < k$, que serão comutativamente designados de recursos ou produtos de um determinado processo, e tendo

em linha de conta, um único percurso trilhado num caminho ou subcaminho validado na codificação elementar $C_{i,j}$. e considerando que, para um determinado nível do planeamento, o conjunto N_j é composto por três elementos, $N_j = \{A, B, C\}$, assim como para um nível, N_{j+1} , imediatamente inferior aos elementos, são constituintes, $A_1^*, A_2^*, A_3^*, A_4^*, B_1^*, B_2^*, C_1^*, C_2^*, C_3^*$ e C_4^* , ou seja, o conjunto $N_{j+1} = \{A_1^*, A_2^*, A_3^*, A_4^*, B_1^*, B_2^*, C_1^*, C_2^*, C_3^*, C_4^*\}$.

Considerando ainda por exemplo um planeamento inicial, no nível N_j , verifica-se aí, uma programação, que se traduz num prazo inicialmente perspectivado de 21 unidades de tempo para conclusão do objetivo processual desejado, no qual se impõe uma distribuição temporal dos elementos, “Produtos”, do conjunto N_j do seguinte modo: A produção de (B) é concluída, implicando o início do processo de produção de (A), quando (A) for produzido em pelo menos 9/13 partes do seu todo, então, (C) poderá começar o seu processo de produção.

Tal cronologia, que inicialmente foi esboçada tendo em atenção o “quase” tudo do envolvimento processual em questão, poderá sofrer alterações governadas pelas restrições de níveis inferiores ou superiores, embora, como já se referenciou, este conceito de nível é abstrato e não estrutural.

Vejamos: considerando agora o reflexo do planeamento inicial no nível N_j para um nível inferior, N_{j+1} , verifica-se uma distorção daquela programação inicial, tendo em atenção que a governação cronológica é também imposta pelos recursos/elementos do conjunto N_{j+1} , ou simplesmente, a sua atuação é imperativa, guiando-se por uma qualquer regra da tomada de decisão.

Logo após o aperfeiçoamento da cronologia dos elementos no nível N_{j+1} , assim como as suas reapreciações de interdependências entre esses mesmos recursos, verifica-se que, num processo de retorno para o nível N_j :

- i) a produção (B) vai começar uma unidade de tempo atrasada em relação ao inicialmente previsto, mas que irá manter a sua data para finalização do processo de produção, ocorrendo, todavia uma ligeira contração na duração de produção inicialmente prevista;

- ii) o produto (A) é decomposto em três subprodutos A₁, A₂ e A₃, embora preservando-se na globalidade o seu prazo de calendário. Verifica-se uma suspensão efetiva numa unidade de tempo do seu processo de produção;
- iii) relativamente ao elemento (C), verifica-se que este também é decomposto em quatro subprodutos C₁, C₂, C₃ e C₄ e que, para além de ocorrer uma acentuada modificação das suas datas globais de início e fim de produção, também promove uma rotura no processo de produção global, que poderá ser vantajoso ou prejudicial para a obtenção dos objetivos pré-requeridos.

Constatando-se, assim que níveis de maior pormenor modificam a cronologia dos elementos para os níveis superiores, e que poderão ser, ou não, instrumentalizados por outros participantes no universo dos processos, de forma não explícita, mas que governam parte do todo ou interagem sobre ele, modificação essa que é, contudo, limitada na maioria dos casos pelo tempo ou pela condição de algo, conforme ilustrado na Figura 38.

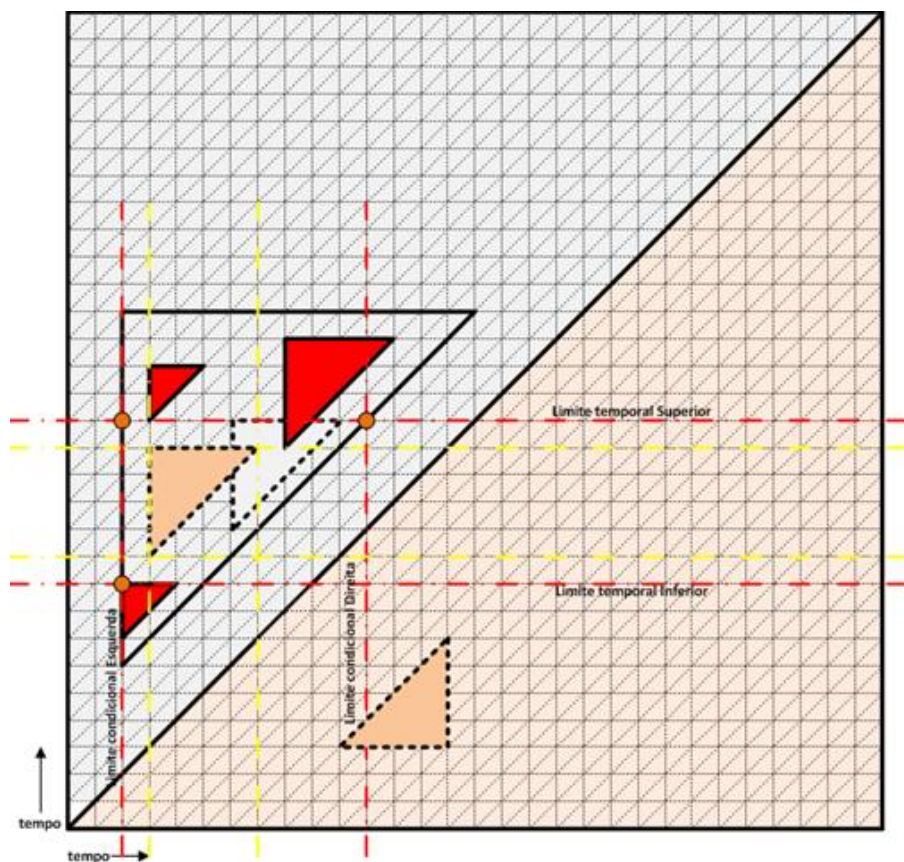


Figura 38 - Limitação temporal e condicional da modificação do estado de um elemento

A movimentação de cada produto ou de um dado recurso fica balizada por dois graus de liberdade, um **condicional** e outro **temporal**. O corredor temporal é balizado por dois limites condicionais, superior e inferior, sendo que o grau de liberdade condicional ou crítico é vincado por um eixo, que foi designado de isocrítico, impondo assim um determinado limite **de criticidade**.

Neste seguimento, para um determinado subsistema-alvo, surge a necessidade de uma melhor caracterização real da sua envolvente no subespaço dos **recursos** ou no subespaço dos **produtos**, a qual é designada no âmbito deste trabalho, de **envolvente crítica**, que é de forma genérica, conforme ilustração da Figura 39, estabelecida por um polígono dinâmico irregular de cinco lados. Sendo notória a existência de pelo menos quatro parâmetros necessários para a sua devida caracterização formal, que são:

- a amplitude de processamento (catetos), expressa em unidades de tempo;
- a definição do eixo isocrítico;
- a data de início mais cedo de processamento;
- a data de fim mais tarde de processamento.

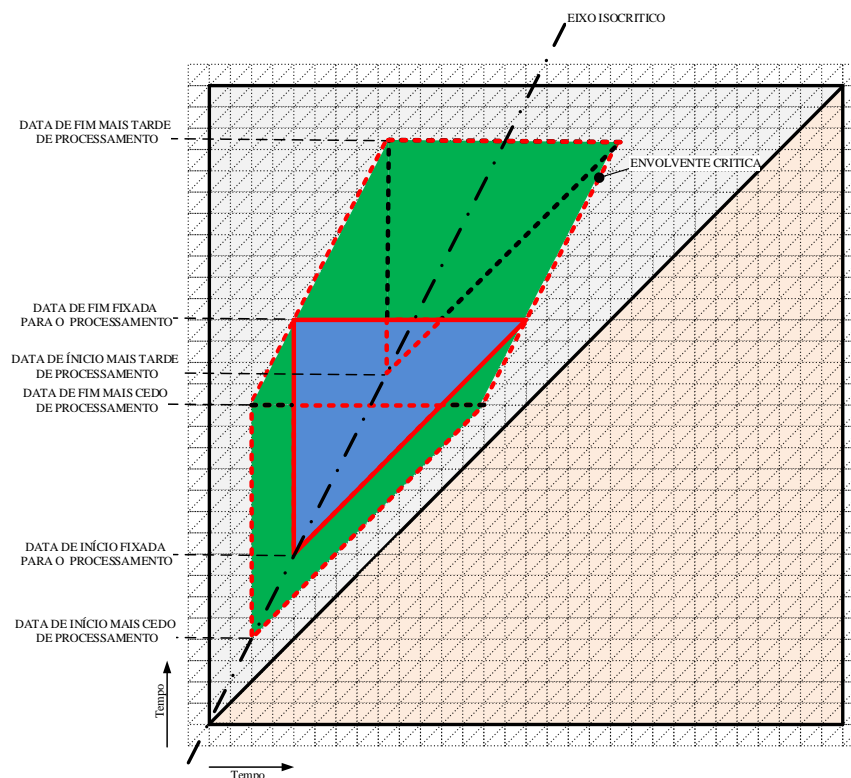


Figura 39 - Limitação temporal e condicional da modificação do estado de um elemento

Na eventualidade do processamento de um determinado subsistema ocorrer dentro da envolvente crítica, mas fora do agendamento fixado pelas datas de processamento fixadas para o seu início e seu término, ocorrerá assim um desrespeito relativo a algum critério pré-estabelecido imposto pela otimização, que no caso de ser o “custo”, contribuirá quase inevitavelmente, para um aumento do custo global do projeto.

No cenário de que o processamento de um determinado subsistema venha a ocorrer parcialmente ou na sua totalidade fora da sua envolvente crítica, algumas consequências se manifestarão, nomeadamente:

- se apenas o corredor temporal for corrompido pela sua data de início mais cedo de processamento, estaremos perante um procedimento indevidamente programado pela lógica dos processos, podendo não ser benéfico para o todo;

- se apenas o corredor temporal for corrompido pela sua data de fim mais tarde de processamento, estaremos também perante um procedimento indevidamente programado pela lógica dos processos, ou no qual ocorreu uma distorção das lógicas dos seus recursos, e inevitavelmente ter-se-á um atraso do projeto e consequentemente um aumento de custos;

- se apenas a condição crítica for corrompida, estaremos perante uma profunda perturbação dos processos, que, podendo ser até distantes do processo-alvo, poderão potencializar uma grande instabilidade no sistema global e assim conduzir a uma necessária reprogramação do Todo.

4.3.4 Folga intrínseca de um elemento

No âmbito desta metodologia, há lugar para o esclarecimento de um novo tipo de folga, que foi identificada e é designada por folga intrínseca de um elemento. Sendo o seu levantamento conceitual realizado através da sua contextualização num pequeno exemplo, representado na Figura 40. Seja, portanto, dois elementos, (A) e (B), na perspetiva de produto e seus respetivos recursos associados (A') e (B'), reflexos de (A) e (B) respetivamente nos recursos. Considerando que, para um dado nível de planeamento N_i , existe uma ligação de (A) para (B) do tipo fim – início, isto é, quando (A) acabar de ser produzido, (B) inicia o seu processo de produção.

Mas será que esta ligação fim-início é “rígida”? Será que o início de (B) é efetivamente condicionado pelo fim de (A), ou ainda existirá alguma folga? Folga essa,

quando existir, poderá ser muito útil no planeamento! Vejamos: Se (A) e (B) são dois elementos ligados na base, com uma ligação do tipo fim-início, então, os seus recursos associados, que serão produtos num nível inferior do planeamento, em princípio, também terão o mesmo tipo de ligação.

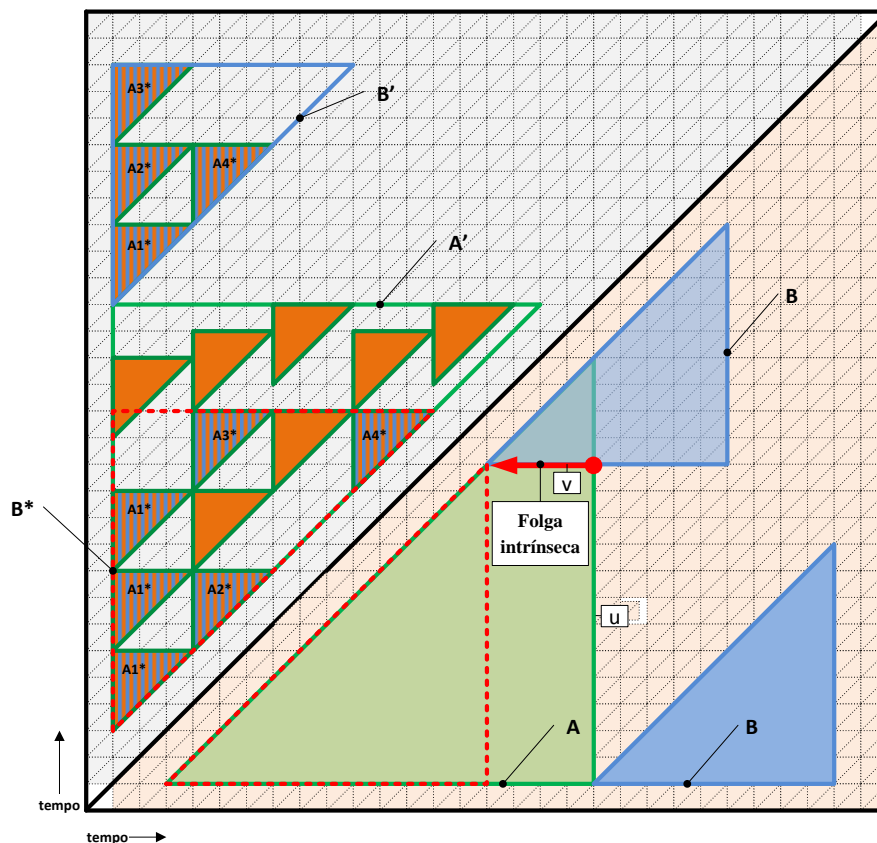


Figura 40 - Representação de uma ligação fim-início entre dois elementos A e B

Verifica-se contudo que esses recursos podem não assumir a mesma identidade. Por vezes, poderemos ter recursos associados aos mesmos produtos, mas desfasados no tempo, ou incorrerem em consumo de outros recursos diferenciados, cuja associação temporal é diferente em (A) e em (B). Daí a necessidade de um algoritmo capaz de descortinar tal possibilidade. Consideremos a pretensão do produto (B) deslizar temporalmente, para cada unidade de tempo deslocada, impõe-se verificar se os recursos (A'_i) associados à (A), os quais foram programados também para realizar (B), estarão ou não disponíveis (libertos).

Tendo em conta:

- i) B^* é conjunto dos recursos, que são comuns aos recursos (A e B) necessários para realizar e produzir os respetivos produtos. Ou seja, $B^* = A \cap B$

ii) Para cada passo temporal, n_T , se verifica se B^* está contido em A' , se sim, para esse tempo é fixada a posição de B. Se eventual fixação não for possível, quer dizer que a ligação inicialmente considerada entre (A) e (B) é de carácter redundante.

iii) Verificando-se nesse processo também o aparecimento eventual de alguns A_i^* , que poderão ser reprogramados para outros tempos, pois em nada perturbam a ligação inicial entre os produtos (A) e (B), ou outra que seja ajustada no sentido do vetor v .

Findo este processo de fixação de (B) no espaço temporal de (A), constata-se o aparecimento de uma **folga intrínseca** da produção de (B), que poderemos utilizar no nível de planeamento inicial, se assim for o nosso desejo.

4.3.5 Criação das tabelas referentes aos recursos elementares – T_e

Tendo em atenção o conjunto dos recursos elementares $E_{k,i}$, para um dado universo de planeamento, em que os seus elementos são designados de recursos elementares, como já foi referido, em três tipos de recursos, R_1 , R_2 e R_3 , constata-se que, após a verificação da necessidade da utilização de um determinado recurso no tempo, a fase que se segue é a verificação da sua disponibilidade e eventual escolha ordenada de possíveis hipóteses. Nesse procedimento de escolha, será inevitável uma discussão no campo da otimização, de modo a ser atingido determinado objetivo. Esta discussão poderá passar pela aplicação de habituais ferramentas da programação linear (**PL**) para as quais seja enquadrada a criação de tabelas $T_e(RN_{\text{tipo},g,p})$, cujo índice (**e**) caracterizador do tipo de otimização que se pretende estabelecer.

Podemos elencar alguns possíveis tipos de tabelas, referentes aos recursos elementares, que podem ser aplicados de forma genérica aos recursos ou em parte destes, nomeadamente:

A da maximização da produção, menor prazo (**e=1**); Custo global (**e=2**); Questão da disponibilização de fundos de tesouraria, (**e=3**); Imposição de recursos, (**e=4**); Pela maior confiança da qualidade construtiva, (**e=5**); Outros, (**e=6**).

Para uma melhor contextualização desta fase crítica da modelação que se pretende desenvolver, é feita uma exemplificação para um dado recurso do tipo R₁ (mão de obra). Para esse efeito é construída uma lista de profissionais disponíveis, P_i, os quais são caracterizados por inúmeros parâmetros definidores do seu perfil, nomeadamente, a idade, custo/dia, produto/dia, custo/produto, etc. Conforme Tabela 6, onde é representado para cada P_i o seu posicionamento preferencial de utilização, conforme a abordagem do planeamento e gestão, seja feita na ótica do custo global, pela produção *versus* prazo, ou pela questão da disponibilização de fundos de tesouraria.

Verifica-se que o P₃ ocupa a 1^a posição quando a abordagem é feita pelo custo, e que este ocupa a 6^a posição, quando a abordagem é feita pelo prazo, ocupando ainda a 2^a posição, quando a abordagem é feita pela tesouraria. Qual é a ideia? É escolher, qual ou quais o(s) P_i (s) que serão utilizados em função também da disponibilidade temporal de cada um.

Tabela 6: Posicionamento preferencial de utilização conforme a abordagem do planeamento

Planeamento pelo custo		Idade	Custo* /dia	Produto/dia	Custo*/Produto
1º	P3	22	59,00 €	22	2,68 €
2º	P4	26	55,00 €	20	2,75 €
3º	P6	52	80,00 €	29	2,76 €
4º	P8	36	85,00 €	25	3,40 €
5º	P9	50	85,00 €	25	3,40 €
6º	P7	33	80,00 €	23	3,48 €
7º	P2	31	78,00 €	21	3,71 €
8º	P1	21	80,00 €	20	4,00 €
9º	P5	22	80,00 €	20	4,00 €
10º	P10	47	85,00 €	20	4,25 €
Produção / prazo		Idade	Custo* /dia	Produto/dia	Custo*/Produto
1º	P4	26	55,00 €	20	2,75 €
2º	P1	21	80,00 €	20	4,00 €
3º	P5	22	80,00 €	20	4,00 €
4º	P10	47	85,00 €	20	4,25 €
5º	P2	31	78,00 €	21	3,71 €
6º	P3	22	59,00 €	22	2,68 €

7º	P7	33	80,00 €	23	3,48 €
8º	P8	36	85,00 €	25	3,40 €
9º	P9	50	85,00 €	25	3,40 €
10º	P6	52	80,00 €	29	2,76 €
Tesouraria		Idade	Custo* /dia	Produto/dia	Custo*/Produto
1º	P4	26	55,00 €	20	2,75 €
2º	P3	22	59,00 €	22	2,68 €
3º	P2	31	78,00 €	21	3,71 €
4º	P6	52	80,00 €	29	2,76 €
5º	P7	33	80,00 €	23	3,48 €
6º	P1	21	80,00 €	20	4,00 €
7º	P5	22	80,00 €	20	4,00 €
8º	P8	36	85,00 €	25	3,40 €
9º	P9	50	85,00 €	25	3,40 €
10º	P10	47	85,00 €	20	4,25 €
Critério de ponderação		Idade	Custo* /dia	Produto/dia	Custo*/Produto
1º	P1	21	80,00 €	20	4,00 €
2º	P3	22	59,00 €	22	2,68 €
3º	P5	22	80,00 €	20	4,00 €
4º	P4	26	55,00 €	20	2,75 €
5º	P2	31	78,00 €	21	3,71 €
6º	P7	33	80,00 €	23	3,48 €
7º	P8	36	85,00 €	25	3,40 €
8º	P10	47	85,00 €	20	4,25 €
9º	P9	50	85,00 €	25	3,40 €
10º	P6	52	80,00 €	29	2,76 €

(Continuação da Tabela 6)

Na definição do perfil de cada Pi, para além dos parâmetros quantitativos necessários para se desenvolver uma análise numérica de otimização, devem contar outros indicadores qualitativos de ponderação, que permitam um melhor apoio à decisão na sua utilização temporal como, por exemplo, idade, polivalência, assiduidade laboral, espírito de equipa, estabilidade familiar, incidências criminais, facilidade de socialização, entre

outros. De onde resulta, por exemplo para cada recurso uma listagem nominativa conforme Tabela 7.

Tabela 7: Posicionamento preferencial de utilização ou consumo de um recurso

1º	P3
2º	P4
3º	P6
4º	P8
(...)º	(...)

4.3.6 Subespaço das restrições

O subespaço das restrições, que se faz intermediar entre as transformações processuais justificadas e com o desenho do planeamento projetado, tem a sua existência explicativa em virtude da concorrência dos multicritérios do sistema e da própria natureza humana, referindo-se, naturalmente, à insensatez de alguns dirigentes, cujas decisões são de carácter apenas político.

Nesse sentido, cada restrição global pode ser vista e considerada como um subsistema completo ativo, conforme ilustração da Figura 41 (à esquerda), por um triângulo isósceles invertido (no sentido de realçar a contrariedade), onde também é representada, por uma seta a vermelho, a imposição da trajetória distorcida do planeamento induzida pelas restrições que, por vezes, atropelam todos os cenários que foram sustentados em critérios tecnológicos e de gestão pura, e quando assim acontece, a decisão não é ponderada e nem se vislumbra qualquer base de sustentabilidade para a governação.

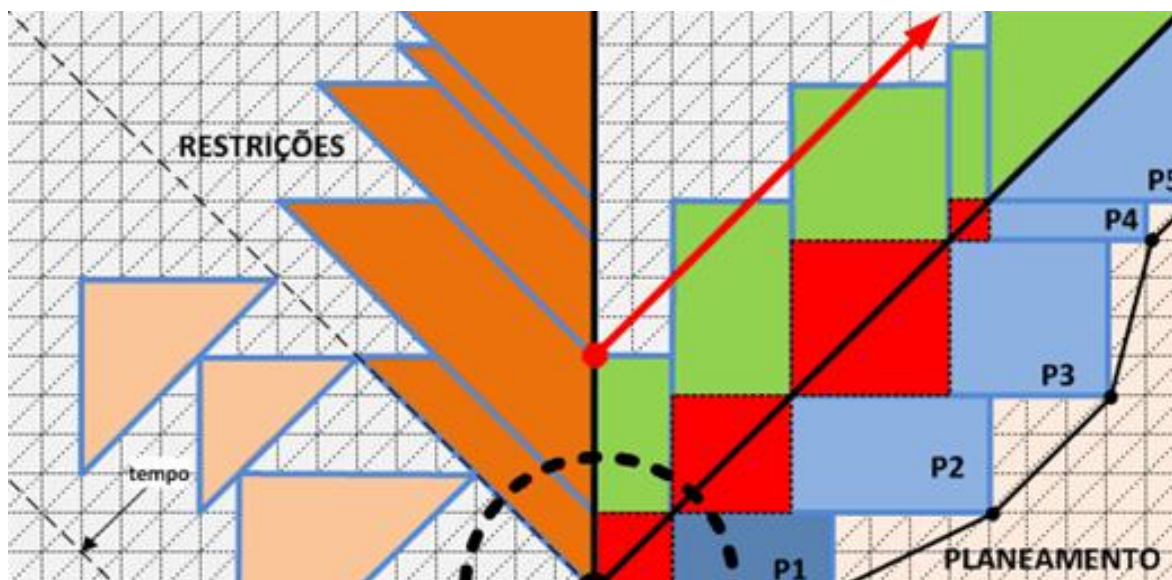


Figura 41 - Representação da distorção no planeamento imposta pelas restrições

A construção civil não é uma indústria que se pode involucrar num pavilhão industrial, cujas linhas de montagens são controladas pela sincronia das operações básicas e onde as restrições à produção são mais simples de serem identificadas e prontamente serem corrigidas.

Neste panorama, procurou-se com aquele tipo de representação enfatizar os subsistemas, que estariam a provocar conflitos globais e assim permitir ao operador um atuação mais direcionada. É, portanto na possibilidade da transmutação de sistemas deste subespaço das restrições, que o operador deverá manipular os seus subsistemas de modo à garantir uma contínua fluidez processual, e simultaneamente procurar otimizar os seus objetivos mais importantes.

4.3.7 Subespaço do planeamento

O subespaço do planeamento, constitui um valioso instrumento auxiliar, para aqueles, que tentam controlar os processos. A sua representação fractal permite uma visão em retrospectiva dos planeamentos processados e das suas perspetivas futuras, demonstrando, assim, a não linearidade dos processos inerentes a um sistema complexo, que é dinâmico.

Na Figura 42, é representada, no diagrama holístico, a configuração padrão do *output* para o planeamento, que será utilizada no desenvolvimento cronológico de um dado projeto, em que, para além do cuidado em exibir o planeamento processado num determinado momento com os seus sucessores e antecessores, tal configuração é articulada, quer com as restrições impostas, quer com os resultados produzidos.

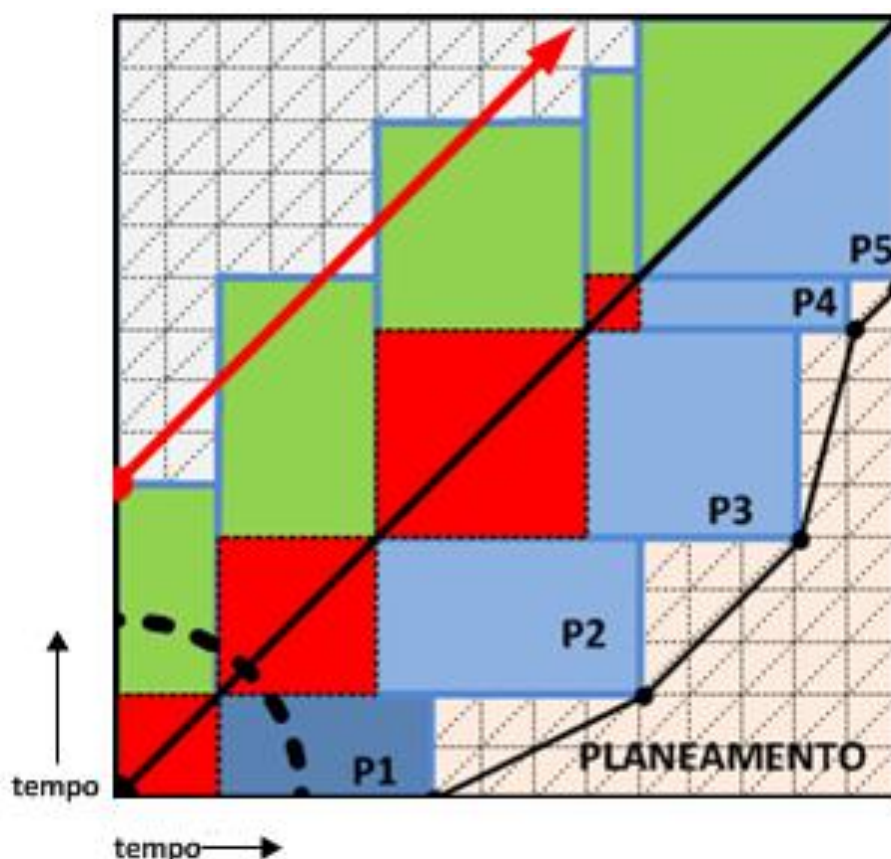


Figura 42 - Configuração padrão do subespaço do planeamento

4.3.8 Subespaço dos resultados

O subespaço dos resultados, que é o último cronologicamente retratado no espaço holístico do planeamento - EHP, tem como objetivo aflorar de uma forma clara e inequívoca, para um determinado instante, toda a informação ocorrida para cada reestruturação processual eminente ou já sofrida, verificando-se uma leitura conexa com o planeamento e de fácil interpretação, conforme é ilustrado no diagrama holístico da Figura 43.

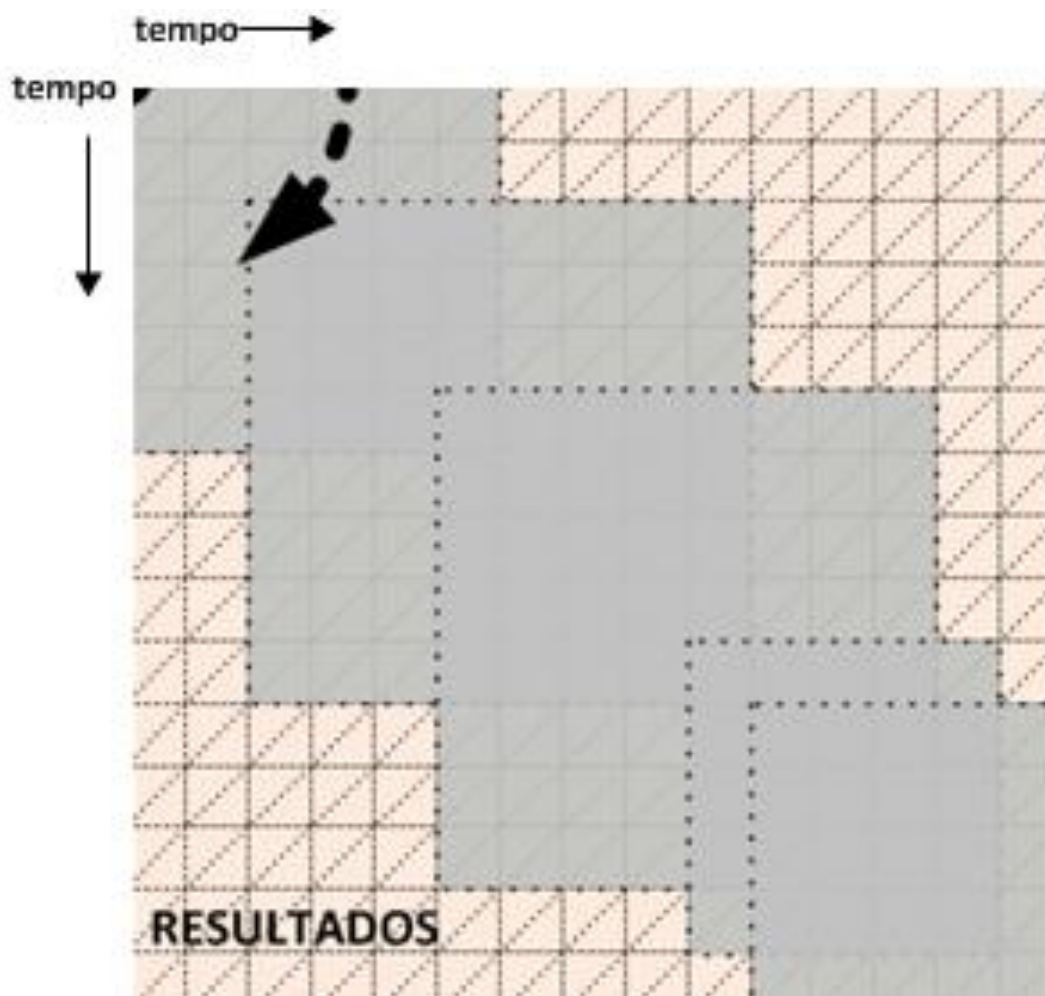


Figura 43 - Ilustração da correspondência dos resultados com os processos

4.4 - Controlo da produção

O controlo da produção de um determinado subsistema poderá ser feito graficamente no seio do subespaço do planeamento, através da leitura desse elemento. Nas Figuras 44 e 45, é representado o controlo de produção para um subsistema (produto simples) no subespaço de planeamento do EHP.

Na Figura 44, verifica-se que, para um determinado tempo (t), de controlo, o nível da produção (triângulo direito) está abaixo do programado pelo planeamento, conduzindo-se assim a duas folgas, uma positiva dos recursos e outra negativa, que diz respeito ao atraso na produção, o que não é aceitável, se o objetivo for respeitar o prazo da produção.

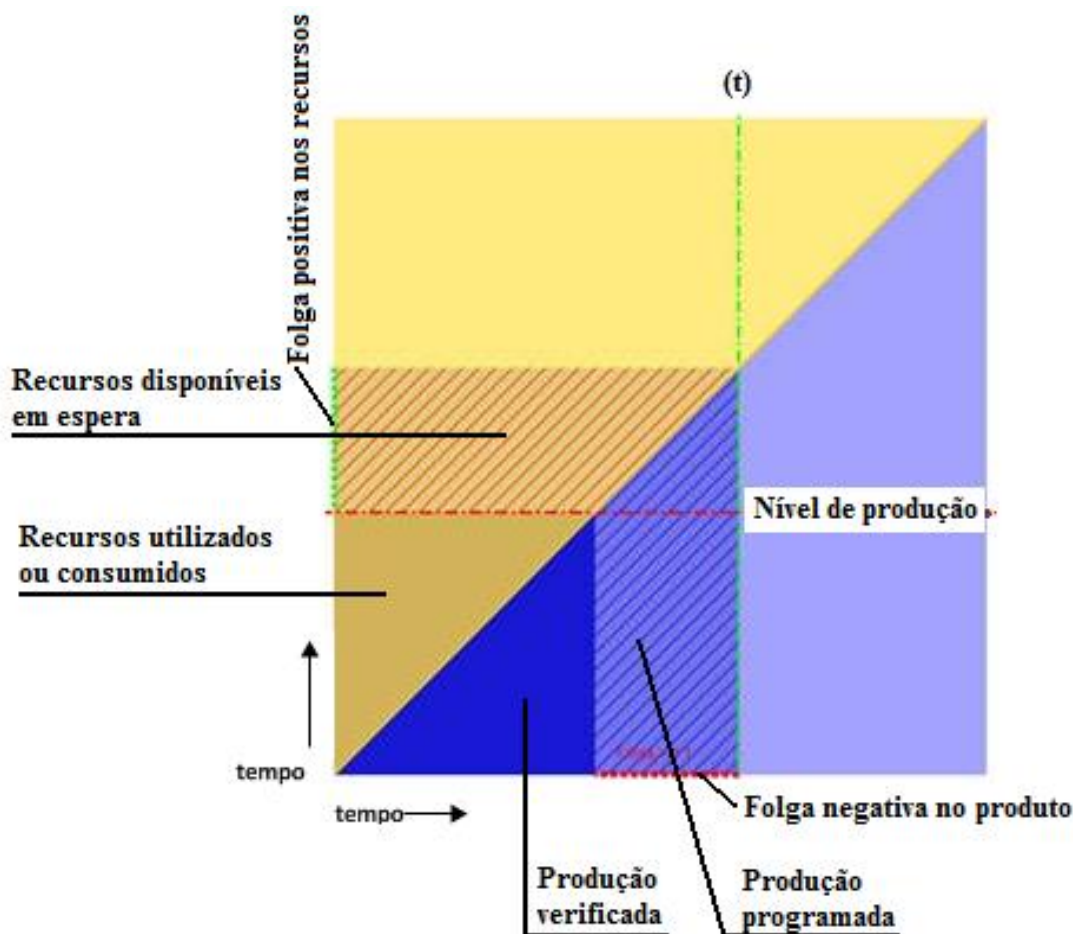


Figura 44 - O controlo de produção com atraso na produção

Na Figura 45, algo de semelhante acontece, verifica-se nesse caso, que o nível de produção, está acima do programado, implicando o aparecimento de outras duas novas folgas, uma positiva, relativa ao prazo de execução para a produção e outra negativa, que diz respeito aos consumos não controlados de recursos.

Embora, tal situação possa ser até desejável, o certo é que pode também não ser vantajoso para o empreiteiro, pois se, por exemplo, o modo de pagamento da empreitada for em função do cronograma defendido pelo planeamento, não será possível faturar, e assim não será feito o devido custeio dos recursos no tempo. Sendo que tal cenário é recorrente em algumas obras públicas em Portugal, situação essa que em parte é explicada pela falta de ferramentas computacionais que contemplem uma metodologia integrada de planear e gerir empreitadas de forma coesa na base elementar dos recursos.

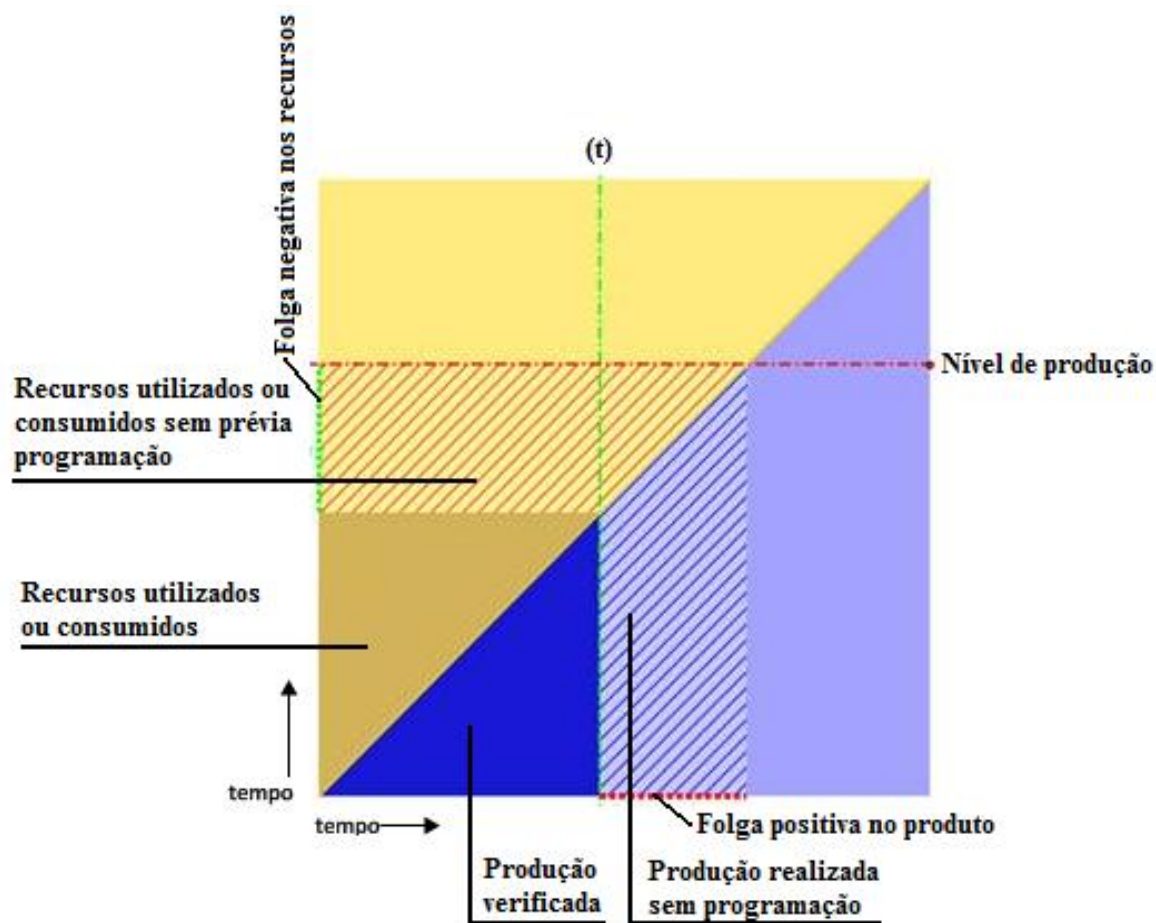


Figura 45 - O controle de produção, verificando gastos não custeados de recursos

O governo do recurso monetário é um dos maiores pilares da gestão dos processos, (infra recurso elementar), pelo que, nesta nova metodologia, é potencializado de uma forma bastante objetiva o tratamento e monitorização desse recurso. Tal técnica deverá contemplar, para qualquer instante, a possibilidade de associar um único centro de custos para cada elemento representativo dos conjuntos N_i , dominando assim, a alocação desse imperativo recurso elementar.

No sentido de perspetivar a decomposição dos centros de custos, associado ao conceito holístico desenvolvido neste trabalho, é exemplificada na Figura 46, uma possível forma de representar no diagrama holístico a decomposição em centros de custos, CC.

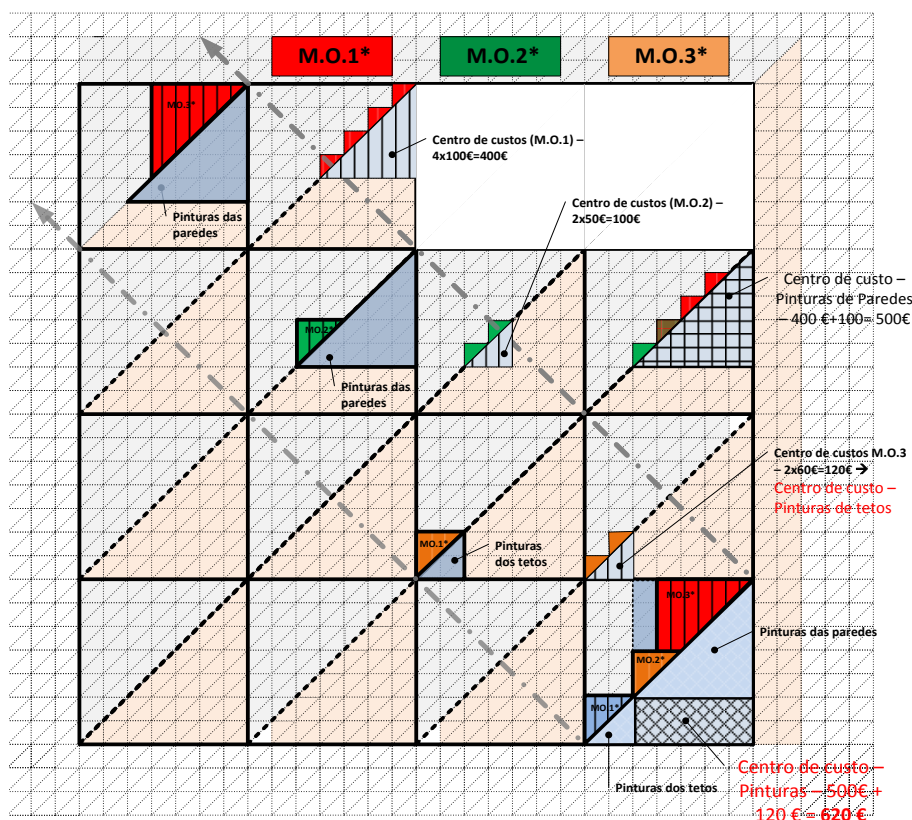


Figura 46 - Possível forma de representar a decomposição dos Centros de Custos

4.5 – Representatividade do diagrama holístico do planeamento

Neste ponto, pretende-se proporcionar ao leitor uma maior consolidação dos múltiplos conceitos gráficos aparentemente representórios, que emergiram da nova representação fractal de um dado sistema, dito de complexo, que foi conseguida no âmbito da metodologia desenvolvida e descrita neste capítulo, representação essa, que é vertida no diagrama holístico do planeamento, que foi definido no ponto 4.3.

Não é desejável para tal representação, que se premeia por uma dinâmica de processamentos, que tenha um carácter representório, mas sim, que se configure numa ferramenta hábil para a navegação e o manuseamento de qualquer dos seus subsistemas associados, sendo possível instrumentar todos os seus parâmetros governativos, conforme conceitos explorados no capítulo seguinte, nomeadamente, no que se refere a amplitude (através da carga e rendimento/produktividade), a situação, ao estado e ao bloqueio de um dado subsistema.

Conforme se pode observar no exemplo teórico da Figura 47, cada subsistema é representado por um objeto triangular no espaço dos recursos, e ou, no espaço dos produtos, nos quais se evidencia a sua criticidade através de uma determinada coloração, ou por via do seu posicionamento relativo num determinado eixo isocrítico.

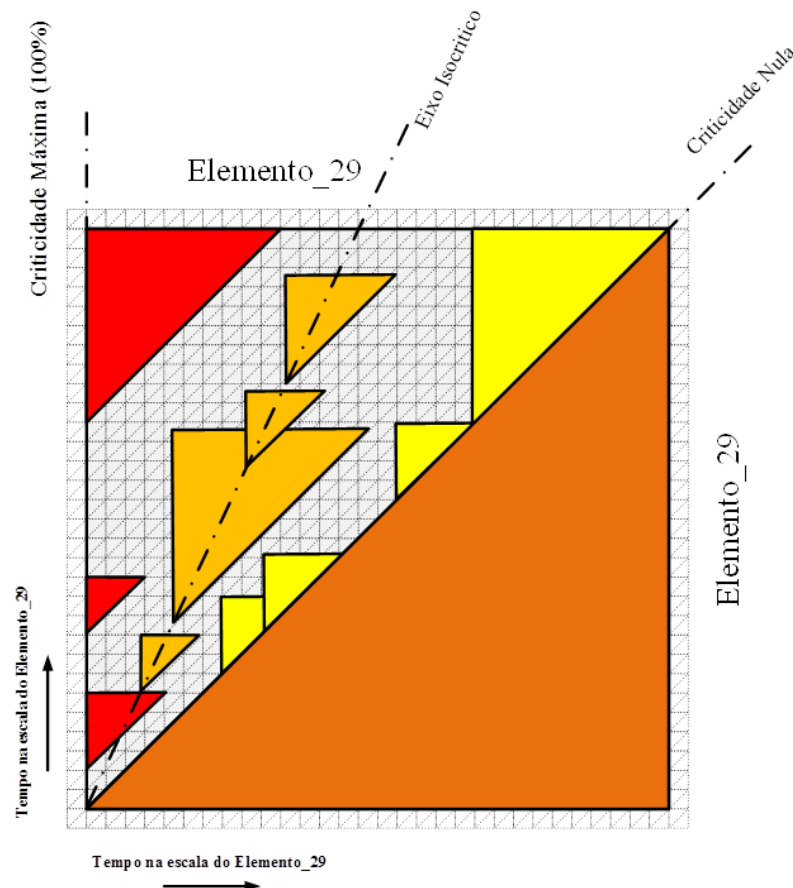


Figura 47 - Representação fractal fronteira do sistema, diagrama holístico do planeamento

É no espaço dos recursos que o Elemento_29 é representado e constituído por onze subsistemas (recursos), que interagem de forma a ser possível dar cobro à existência do Elemento_29, que por sua vez é também espelhado no espaço dos produtos. Nesta representação, designada de representação **fronteira**, a representação do Elemento_29 é conseguida pelo preenchimento integral do subespaço dos produtos, pois a escala temporal associada, é a da própria escala temporal do elemento em si mesmo.

Sendo que, neste caso, a única informação retida visualmente seria a da sua criticidade, que é conseguida, como já foi referido, pela definição da sua cor. Tal representação, que para além de servir os propósitos dos elementos de fronteira do sistema,

é possível demonstrar o caso do planeamento base (Po) e de todos os demais fragmentos dos $E_{k,i}$, denotando-se, como adequada, pois em tais sistemas verifica-se que estes deixam aí de ser elementos holónicos, porque não são reconfigurados como recursos para outros produtos.

Contudo, o mesmo já não ocorre para subsistemas intermédios, em que a sua característica holónica é geralmente bastante vincada, pois os subsistemas tanto são vistos como recursos, como são considerados como produtos, sendo também considerados como recursos para outros produtos/elementos/subsistemas progenitores. Nesse sentido, o diagrama holístico do planeamento assume um outro tipo de representação, aqui designada de representação **interior**, conforme ilustrado na Figura 48, na qual também é evidenciado, que no espaço dos produtos configurados pelo produto Elemento_128, o Elemento_29 é um recurso, assim como, é também possível denotar os restantes recursos necessários para a completa existência do Elemento_128.

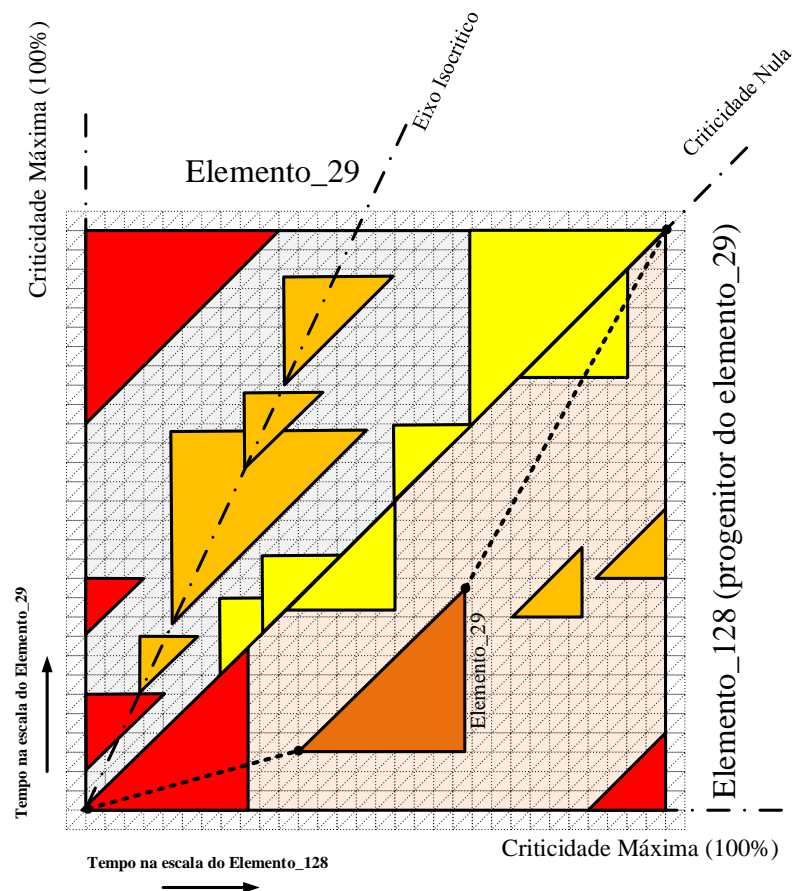


Figura 48 - Representação fractal interior do sistema, diagrama holístico do planeamento

Tal representação fractal **interior** do sistema demonstra-se de enorme utilidade prática, pois, para além de possibilitar à navegação direcionada pelos inúmeros objetos (subsistemas), permite o manuseio dos seus parâmetros governativos requeridos pela autoalimentação necessária, para o devido sucesso da modelagem que é feita ao planeamento.

Ainda é de se referir que, para o deslumbre da representação interior, é necessário que a escala do tempo associada ao espaço dos produtos, seja correspondente à escala temporal do elemento progenitor, que naquele caso, faça corresponder a escala do espaço dos produtos à escala temporal do Elemento_128, que é o progenitor do Elemento_29.

Vejamos agora duas questões práticas, em que, a utilização daqueles dois tipos de representações fractais do sistema, a fronteira e a interior se torna frutuosa, nomeadamente, a questão da **escala de serviços dinâmica**, e a questão da **autoalimentação sistémica, por aferição da produção**. Consideremos o exemplo pasmado na Figura 49, que representa num determinado instante, a escala de serviços dinâmica do pintor João, resultante da aplicação do algoritmo Alg_Alocação, referenciado neste capítulo e desenvolvido funcionalmente no capítulo seguinte.

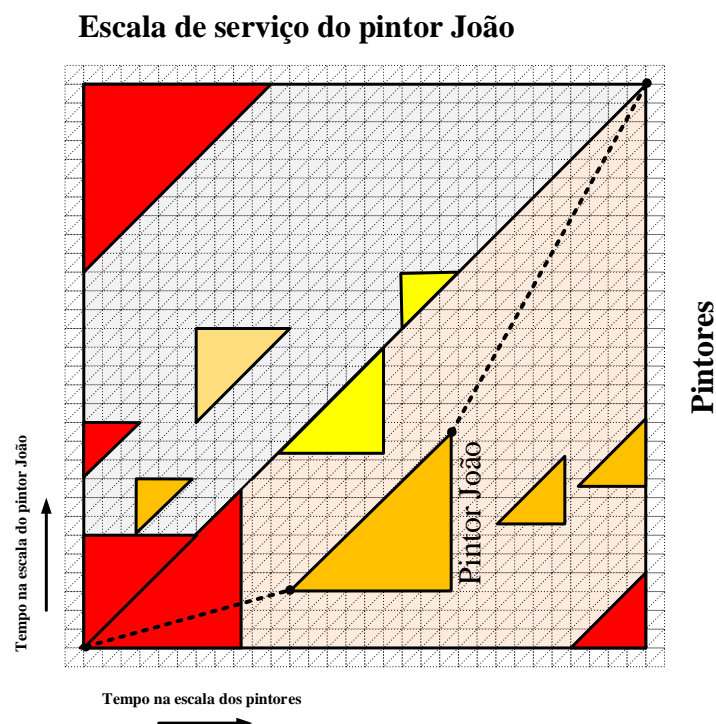


Figura 49 - Representação fractal interior do sistema

Verifica-se que, nessa representação fractal **interior** do sistema, é patente no espaço dos recursos todos os fragmentos de utilização do pintor João, sendo também representado no espaço dos produtos o sistema pintor João, assim como todos os seus homólogos colegas de profissão, que caracterizam o subsistema pintores. Informação que se revela bastante útil, para quem tem o dever de governar, pois permite ter uma visão global de todos os pintores ao mesmo tempo.

Já considerando uma representação do tipo da Figura 50, representação **fronteiriça**, esta é, a que se torna mais vocacionada para a visualização exclusiva do pintor João, na qual lhe é vedado o conhecimento da programação resultante para os outros pintores.

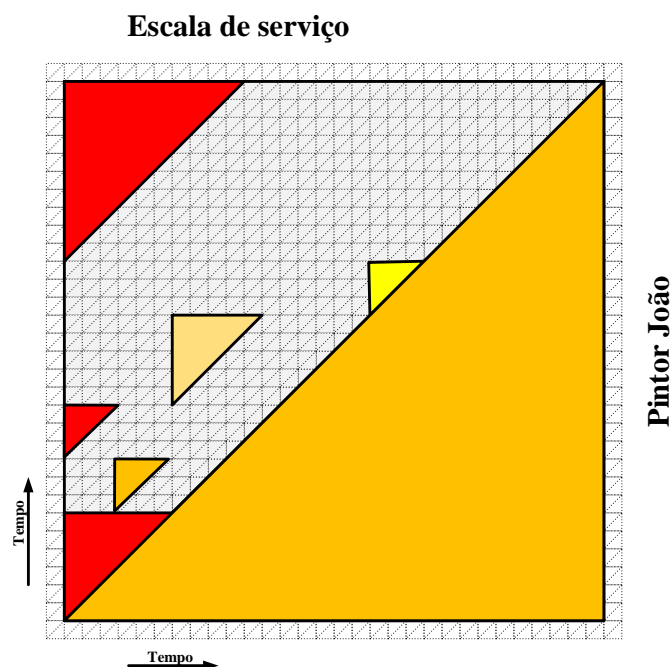


Figura 50 - Escala de serviço, representação fractal fronteiriça do sistema

Comtemplando-se num e/ou noutro tipo de representação exemplificados aqui, segue-se a questão da autoalimentação sistémica, por aferição da produção. Esta questão, que se norteia pela necessidade indiscutível do sistema em se “alimentar” por *inputs* oriundos do seio da produção, deu origem à formulação de uma ágil instrumentação para efetivação daqueles *inputs*. Tal instrumentação é também aqui facilitada pela representação interior de um determinado fragmento, $E_{k,i}$. Como exemplo, o controlo efetivo que se requer para um determinado fragmento de utilização de pintores, que foi afeto ao pintor João, rotulado por $E_{29,82}$, é agora representado no espaço dos produtos, conforme apresentado na Figura 51.

Escala de serviço do pintor João

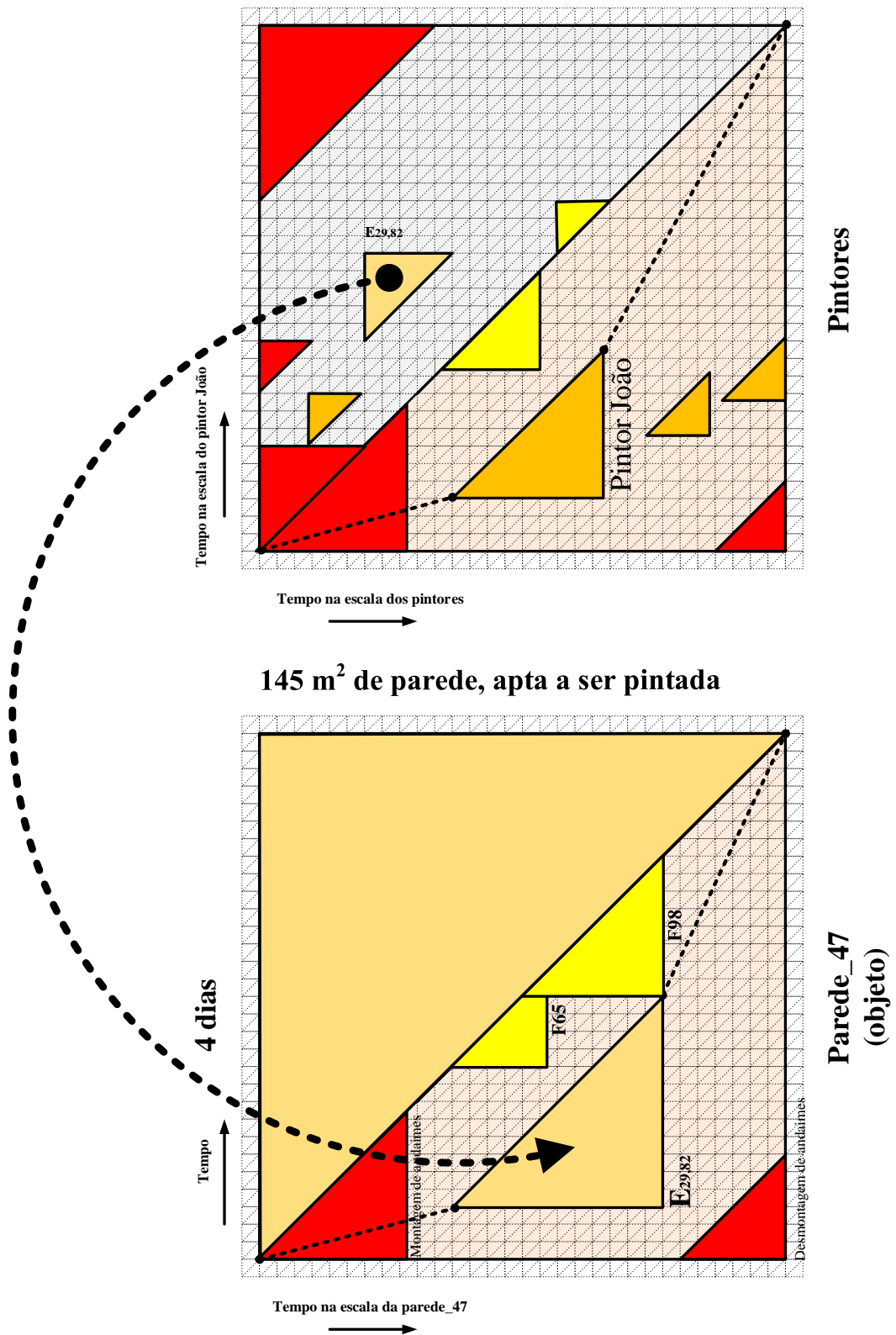


Figura 51 - Representação fractal interior do sistema, para o fragmento E29,82 e seu respectivo objeto

Neste exemplo, a amplitude temporal do fragmento **E29,82**, que constitui o espaço dos recursos, é inicialmente de 4 dias e a sua carga é de 145 m^2 , correspondente à área de parede (parede_47) a pintar, ainda pelo pintor João.

No espaço dos produtos, verifica-se que a sua escala de tempo é correspondente à escala temporal da amplitude do subsistema, parede_47 (subsistema representativo de um objeto físico). Sendo que este espaço dos produtos é constituído por cinco subsistemas, que são nomeadamente o subsistema de montagem de andaimes; o de fornecimento, **F65** de tinta; o de fornecimento, **F98** de tinta, o próprio fragmento de uso de pintores **E29,82** e, por fim, o subsistema de desmontagem dos andaimes.

Em resumo (conforme prévias definições expostas no capítulo 1), para o instante observado por aquela representação fractal interior do sistema, ilustrada na Figura 51, teríamos:

Objeto desejado: parede pintada nº 47;

Carga (Q): 145 m^2 de parede pronta a ser pintada;

Amplitude: 4 dias necessários para o processamento.

Tendo-se como suporte firme o **rendimento médio espectável (r^*)** do recurso nominativo pintor João ou a **taxa de produção (t^*)** daquele processamento, ou seja esse rendimento seria de **0,00043103** [dias / m^2], e seria também quase inevitável que o objeto desejado, se iria deslumbrar ao fim do quarto dia. Contudo, muitas cenários poderão ocorrer naquele período de tempo, que aparentemente foi bem programado, tais como:

- a mudança climática, começando inesperadamente a chover, inviabilizando-se qualquer tentativa de pintura;
- os andaimes foram defeituosamente instalados, tendo-se constatado esse fato, somente após se iniciar a pintura, e assim, é necessário suspender preventivamente os trabalhos durante uma tarde, de modo à repor a segurança laboral;
- A sogra do pintor João faleceu;
- A tinta de cor roxa, que foi definida em projeto, foi erradamente fornecida, motivada pela troca de referência por parte do fornecedor;
- o pintor João teve uma indisposição, por questões naturais ou simplesmente pretende fazer que faz, porque não se encontra animicamente bem;
- entre outros

Resultando destas eventuais ocorrências um enorme problema para a **sustentabilidade** orçamental, conduzido por um inevitável descontrolo da programação. Daí a necessidade de se **aferir**, constantemente e de forma quase instantânea, o ritmo e, digamos, o valor da taxa de produção, levada a efeito no processamento da pintura, por parte do pintor João.

Ou seja, é necessário **monitorizar** permanentemente todos os processos que estarão a decorrer no sistema global, de forma a que o holismo possa ser admitido. Uma das questões de maior pertinência, neste seguimento, é de como fazer tal monitorização, de forma a ter efeitos práticos recorrentes para a dinâmica do sistema global.

Suponhamos, no presente exemplo, que o pintor João tem acesso facilitado à representação daquele fragmento **E29,82**, conforme a representação fractal fronteira ilustrada na Figura 52, através de algum dispositivo informático móvel.

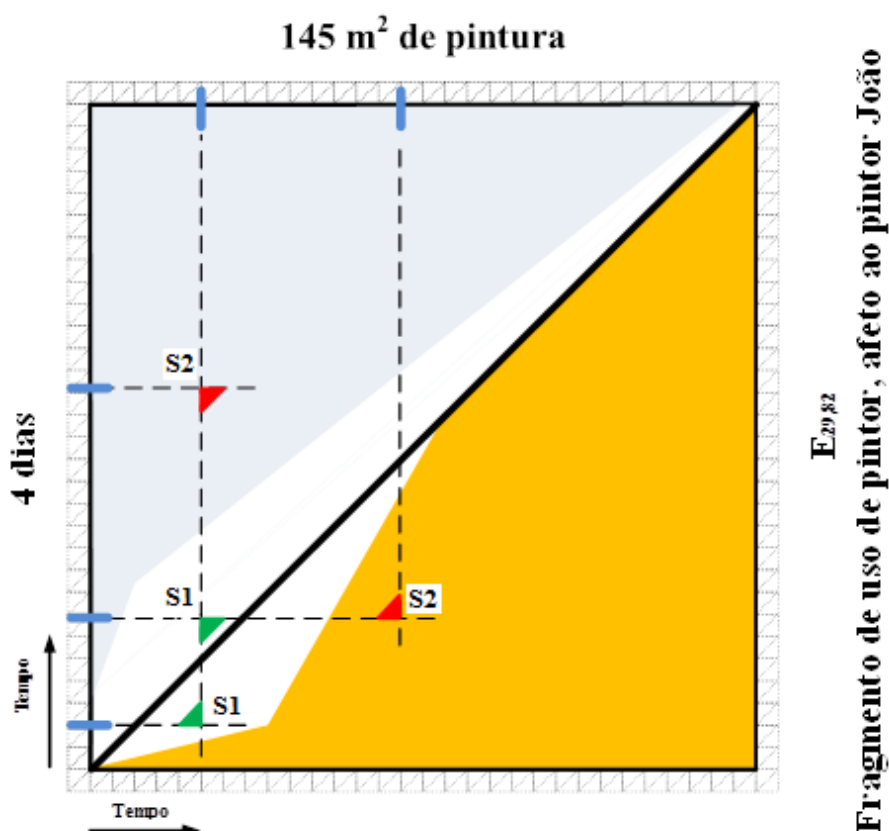


Figura 52 - Aferição da produção, representação fractal fronteira do sistema, E29,82

Acessibilidade, que possibilitará ao pintor João, que proceda a sua autoaferição, sob pena, de eventualmente ser excluído da lista dos pintores principais, e assim no limite deixar de pintar. Observando-se ainda na respetiva ilustração, que existe uma zona de

conforto, **ZC**, do pintor João, que se faz ladear, entre a separação do espaço dos recursos e o espaço dos produtos. Sendo que a delimitação daquela área, exigirá um cuidado investimento de estudos futuros para a sua definição, em função do tipo de recursos envolvidos em consonância como a tipificação dos objetos progenitores.

Contudo, numa primeira abordagem, sempre se poderá calibrar aquela definição, por experimentação de outros projetos, ou através do sentido formal do conceito de aprendizagem refinado pela produção.

Pode-se ainda observar a possibilidade de ocorrer em quatro situações distintas, aquando da necessária aferição realizado pelo próprio pintor João. Em que para cada espaço dos recursos ou dos produtos são consideradas duas situações possíveis, uma dentro da zona de conforto e a outra fora da zona de conforto.

Aquando da aferição realizada pela imputação exclusiva do valor da carga efetivamente já realizada, poderão ocorrer duas situações:

- a primeira S1, quando o controlo se situar **dentro** da zona de conforto, o fragmento **E29,82** verá o seu progenitor eventualmente fixado, garantindo assim a continuidade dos trabalhos pelo pintor João, mesmo que o sistema se tente ajustar para um melhor equilíbrio de outros recursos elementares.

- a segunda S2, quando o controlo se situar **fora** da zona de conforto, nesse caso, o fragmento **E29,82** verá o seu progenitor eventualmente livre pelo que permitirá ao sistema uma autoreprogramação, considerando-se que a continuidade dos trabalhos pelo pintor João não é adequada. Assim o sistema poderá se ajustar para encontrar um melhor equilíbrio dinâmico mais proveitoso, conduzindo a uma outra afetação do fragmento E29,82 para um pintor distinto do pintor João.

Nesta dualidade de situações, haverá necessidade de dotar todos os subsistemas de uma característica que permita fixar ou libertar o seu subsistema progenitor, que aqui se designa, de colagem, c. Não confundindo com o a característica de bloqueio para um dado subsistema que se refere a sua fixação da data de início para seu processamento.

Capítulo 5: Implementação computacional da nova metodologia – EHP

A metodologia EHP constitui uma radical mudança nos paradigmas de planejar e de gerir projetos, uma vez que é caracterizada por uma dinâmica agressiva de peculiar abordagem ao espaço-objeto, sendo, por isso, comandada por uma volátil e imensa complexidade sistémica de iterações entre os agentes mutantes, envolvidos no sistema como um todo.

Esta abordagem só poderia, de facto, ser praticada com o apoio computacional regrado pelos sistemas de informação, que vulgarmente fazem parte do nosso dia a dia. Daí a sua necessária implementação ser forçada a seguir os caminhos dos algoritmos computacionais que se agregam num aplicativo colaborante numa única base de dados. Com o objetivo de fazer prova da utilidade e funcionalidade desta nova metodologia, desenvolveu-se um protótipo de um aplicativo informático nos preceitos acima referidos, cuja designação se confunde intencionalmente com o nome da própria metodologia EHP. Portanto, neste capítulo, é feita uma descrição geral dos principais módulos do aplicativo EHP já implementados, descrevendo os seus componentes através da ilustração de fluxogramas, procurando retratar o seu funcionamento entre os seus módulos e o seu posicionamento algorítmico global.

Dada a falta de conhecimentos por parte do autor, de linguagens de programação mais avançadas e adaptadas para o tipo de programação dirigida aos objetos, nomeadamente em “C”, optou-se pela programação em Visual Basic, que não sendo talvez a melhor solução na atualidade, também se configura numa linguagem dirigida aos objetos, da qual o seu estado atual de desenvolvimento garantiu o propósito de programação requerida.

É também pertinente ressaltar que o aplicativo EHP foi desenvolvido num âmbito estritamente académico, revestindo-se, por isso, pela falta de grandes formalismos da indústria informática. A sua efetiva construção estará ainda bastante longe de se aceitar apta para o uso não académico, sendo para isso, necessário o envolvimento de uma

estrutura de técnicos informáticos para o desenvolvimento efetivo de uma ferramenta de índole industrial.

No final deste capítulo, são invocados alguns pontos-alvo para um futuro aperfeiçoamento do aplicativo EHP assim como indicações para a criação e desenvolvimento de outros módulos integráveis ao aplicativo, de forma a ser possível tirar maior partido desta técnica de modelagem. Potencializando-se também, num contexto da indústria da construção civil, uma possível integrabilidade da EHP no conceito BIM..

5.2 - Descrição algorítmica e funcional - Subespaço das transformações

Foi no subespaço das transformações que, durante o desenvolvimento deste trabalho, recaiu a maior atenção, direcionando-se grande parte dos esforços de programação para a elaboração do aplicativo EHP. Neste sentido, vincada pela necessidade de compreensão da própria metodologia EHP, surge a necessidade de criar alguns novos conceitos matemáticos, capacitados de uma maior agilidade na implementação algorítmica requerida.

Nos pontos que se seguem, é retratada de forma algorítmica e funcional a criação do código intrínseco (holocódigo), já enunciado no capítulo anterior, assim como serão relatadas as operações básicas de transmutações e a formação dos subsistemas completos singulares, sendo, por fim, feita uma descrição geral do aplicativo EHP.

5.2.1 Descrição algorítmica e funcional do holocódigo

Tendo-se verificado a inaptidão dos sistemas matriciais booleanos para o tratamento dos sistemas na forma requerida pela aplicação prática da nova tecnologia EHP, criou-se um tipo de dado abstrato, capaz de contornar tal questão do forro computacional, que foi intitulado de holocódigo, que segundo (TENENBAUM; LANGSAM; AUGENSTEIN, 1995), um tipo de dado abstrato ou TDA é uma ferramenta útil para especificar as propriedades lógicas de um tipo de dado.

Fundamentalmente, um tipo de dado significa um conjunto de valores e uma sequência de operações sobre estes valores. Este conjunto e estas operações formam uma

construção matemática que pode ser implementada, usando uma determinada estrutura de dados do hardware ou do software. A expressão "tipo de dado abstrato" refere-se ao conceito matemático básico, que define o tipo de dado. Um TDA consiste em duas partes: a definição de valores e a definição de operadores. A definição dos valores determina o conjunto de valores para o TDA e consiste em duas partes: uma cláusula de definição e uma cláusula de condição, conforme (TENENBAUM; LANGSAM; AUGENSTEIN, 1995).

Este inédito TDA, denominado de holocódigo, foi construído sob aplicação direta da própria metodologia, que se pretendia aplicar. Uma das principais preocupações tidas neste trabalho para esta construção foi a da sua robustez, que nesse tipo de dado, teria forçosamente que existir aquando da sua escrita e leitura pelos algoritmos, assim como a sua intenção prática de representar a parte do todo, como do todo se tratasse.

Após várias tentativas balizadas na estruturação de dados programáveis, também se teve em consideração uma abordagem mais compacta possível, para que a capacidade computacional fosse poupada em termos de memória (bits). Este tipo de dado abstrato configurou-se também numa possibilidade de tradução para os outros sistemas já consagrados, nomeadamente, o sistema binário e hexadecimal. Uma outra característica requerida implicitamente para este tipo de dado é a sua representação, seja esta capaz de ser registada em Bytes de apenas de 4 bits, ou seja, pela combinação simbólica de 16 símbolos, como é o caso do sistema hexadecimal. Traduzindo-se que a configuração simbólica ficasse subordinada à seguinte codificação apresentada na Tabela 8, de correspondência de sistemas:

Tabela 8: Correspondência de sistemas versos codificação do holocódigo

Subsistemas	Holocódigo	Binário	Hexadecimal
Registos	[0]	0000	0
	[1]	0001	1
	[2]	0010	2
	[3]	0011	3
	[4]	0100	4
	[5]	0101	5
	[6]	0110	6
	[7]	0111	7
	[8]	1000	8
	[9]	1001	9
SBE Elemento externo	[^]	1010	A
SBF Elemento fonte	[<]	1011	B
SBA Afastador de elementos	[;]	1100	C
SBS Elemento sumidouro	[>]	1101	D
SBP Elemento precedência	[_]	1110	E
SBI Elemento interior	[#]	1111	F

A estrutura deste novo **TDA** constitui o código intrínseco de um elemento/subsistema, designando-se de holocódigo, cuja forma genérica é a seguinte:

$$\text{IDE;IDEP}^{\text{E}_e} < \text{F}_f \text{I}_{f,i}; \text{S}_{f,s} \# \text{I}_i \text{I}_{i,j}; \text{S}_{i,s} > \text{S}_s$$

Tal que: $\text{IDE} \neq \text{IDEP} \neq \text{E}_e \neq \text{F}_f \neq \text{I}_i \neq \text{S}_s$ sendo,

$$\text{I}_{f,i} \cup \text{I}_{i,j} = \text{I}_i \text{ e } \text{S}_{f,s} \cup \text{S}_{i,s} = \text{S}_s$$

A sua estrutura é composta por cinco blocos, o primeiro dos quais constitui a sua base de suporte e é rotulado de bloco raiz, cuja função é dar suporte aos restantes blocos, no caso de estes existirem, e sendo sequenciados da seguinte forma:

(Bloco raiz) **IDE;IDEP**

O subsistema em referência foi criado com o registo **IDE** até encontrar o símbolo “;” e daí, para a frente, até encontrar alguns dos símbolos (^) ou (<) estará patenteado o **IDEP**, que é o registo do sistema progenitor, sendo que cada um daqueles registos são únicos e de natureza imutável.

(1º Bloco) **^E_e**

O símbolo (^) dá indicação aos algoritmos de que o subsistema designando por (**E_e**) é um sistema externo, sendo que na abordagem feita é admitido por conviência de entendimentos que o |**E_e**| seja igual a um, e que não existirá qualquer precedência vincada por este elemento para ser adicionada ao sistema.

(2º Bloco) **<F_f I_{f,i}; S_{f,s}**

O símbolo (<) dá indicação aos algoritmos de que se segue um subsistema designando por (**F_f**) e que este é um dos sistemas-fontes. A ocorrência do símbolo (_) dará a indicação aos algoritmos de que, a precedência daquele sistema fonte é constituída por sistemas interiores, designados por **I_{f,i}** e por sistemas sumidouros, designados por **S_{f,s}**, separados sucessivamente pelo símbolo (;).

(3º Bloco) **#I_i I_{i,j}; S_{i,s}**

O símbolo (#) dá indicação aos algoritmos de que se segue um subsistema designando por (Ii) e que este é um dos sistemas interiores, tendo-se no seu seguimento o aparecimento do símbolo (_), que dará a indicação de que a precedência daquele sistema interior é constituída por sistemas interiores designados por Ii,j e por sistemas sumidouros designados por Si,s, separados sucessivamente pelo símbolo (;).

(4º Bloco) $\boxed{>S_s}$

O símbolo (>) dá indicação aos algoritmos de que se segue um subsistema designando por (Ss) e que é um dos sistemas sumidouros, indiciando também que não existirá qualquer precedência para adicionar ao sistema através deste elemento.

Poderá ocorrer, exclusivamente, uma das seguintes possíveis sete combinações ordeiras (Ci *), daqueles quatro últimos blocos, de tal forma que a integridade do sistema seja validada:

C1 * (1º) $\boxed{^E E_e}$

C2 * (1º) $\boxed{^E E_e} + (2^\circ) \boxed{<F_f_S_{f,s}} + (4^\circ) \boxed{>S_s} = \boxed{^E E_e <F_f_S_{f,s} >S_s}$

C3 * (1º) $\boxed{^E E_e} + (2^\circ) \boxed{<F_f_I_{f,i};S_{f,s}} + (3^\circ) \boxed{\#I_i_S_{i,s}} + (4^\circ) \boxed{>S_s} =$

$\boxed{^E E_e <F_f_I_{f,i};S_{f,s} \#I_i_S_{i,s} >S_s}$

C4 * (1º) $\boxed{^E E_e} + (2^\circ) \boxed{<F_f_I_{f,i};S_{f,s}} + (3^\circ) \boxed{\#I_i_I_{i,j};S_{i,s}} + (4^\circ) \boxed{>S_s} =$

$\boxed{^E E_e <F_f_I_{f,i};S_{f,s} \#I_i_I_{i,j};S_{i,s} >S_s}$

C5 * (2º) $\boxed{<F_f_S_{f,s}} + (4^\circ) \boxed{>S_s} = \boxed{<F_f_S_{f,s} >S_s}$

C6 * (2º) $\boxed{<F_f_I_{f,i};S_{f,s}} + (3^\circ) \boxed{\#I_i_S_{i,s}} + (4^\circ) \boxed{>S_s} =$

$$\begin{array}{c}
 \boxed{\langle F_f _ I_{f,i}; S_{f,s} \# I_i _ S_{i,s} \rangle S_s} \\
 \\
 C7^* \ (2^\circ) \ \boxed{\langle F_f _ I_{f,i}; S_{f,s} \rangle} + (3^\circ) \ \boxed{\# I_i _ I_{i,j}; S_{i,s}} + (4^\circ) \ \boxed{\rangle S_s} = \\
 \\
 \boxed{\langle F_f _ I_{f,i}; S_{f,s} \# I_i _ I_{i,j}; S_{i,s} \rangle S_s}
 \end{array}$$

Como exemplo do holocódigo de um determinado digrafo, que graficamente é praticamente ilegível, é apresentada a sua codificação nativa e binária, esta última patente na Figura 53, cuja respetiva representação gráfica do (subsistema) é plasmada na Figura 54, sendo importante referir ao leitor, o seguinte:

Uma rede (digrafo ponderado), quando muito extensa, torna-se praticamente ilegível, daí, nada servir a sua representação. Para se ter uma leitura percetível da questão, ter-se-á também, que se encontrar uma nova forma gráfica de representar os sistemas complexos. (Ver o ponto 4.3 - “Diagrama holístico do planeamento”)

Holocódigo - codificação nativa:

^134<2_3<22_23;86<39_40<58_59;75<97_98#3_4#4_5;108#5_6#6_7;114#7_9#9_10;116#10_11;122#11_12#12_13;124#13_14#14_15#15_16#16_17;130#17_18#18_19#19_20#20_21#23_24#24_25;109#25_26#26_27;115#27_28#28_29;117#29_30;123#30_31#31_32;125#32_33#33_34#34_35#35_36#36_37#37_38#40_41#41_42;110#42_43;112#43_44;131#44_45#45_46#46_47#47_48#48_49#49_50#50_51#51_52;128#52_53#53_54#54_55#55_56#56_57#59_60;61;111#60_43;112#61_62;113#62_63;132#63_64#64_65#65_66#66_67#67_68#68_69;121#69_70#70_71;129#71_72#72_73;74#73_38#75_76#76_77#77_78;133#78_79#79_80#80_81#81_82;120#82_83#83_84#84_85#85_38#86_87#87_88#88_89#89_90#90_91#91_92;119#92_93#93_94#94_95;127#95_96#96_38#98_99#99_100#100_101#101_102;118#102_103#103_104#104_105;126#105_106#106_107#107_37#108_25;109#109_98#110_60;61;111#111_76#112_62;113#113_77#114_27;115#115_100#116_29;117#117_102;118#118_92;119#119_82;120#120_69;121#121_52;128#122_30;123#123_103#124_32;125#125_105;126#126_95;127#127_85#128_71;129#129_73;74#130_36#131_63;132#132_78;133#133_90>21>38>57>74

Verificando-se neste modesto exemplo que a representação e armazenamento da rede em questão pela matriz adjacência, M (98x98), ou pela matriz de incidência, B (98 x134), consomem pelo menos 2400 Bytes de 64 bits (98x 98 x 4 Bytes x 4 bits / 64) de memória, que é enorme, quando comparada com o gasto diminuto (cerca de 2%) de memória (62 Bytes de 64 bits) necessário para a representação e armazenamento através do holocódigo. Sendo que esta vantagem computacional do holocódigo se torna ainda mais notória quando as dimensões das referidas matrizes assumem outra ordem de grandeza compaginável com problemas reais.



Figura 53 - Holocódigo em codificação binária

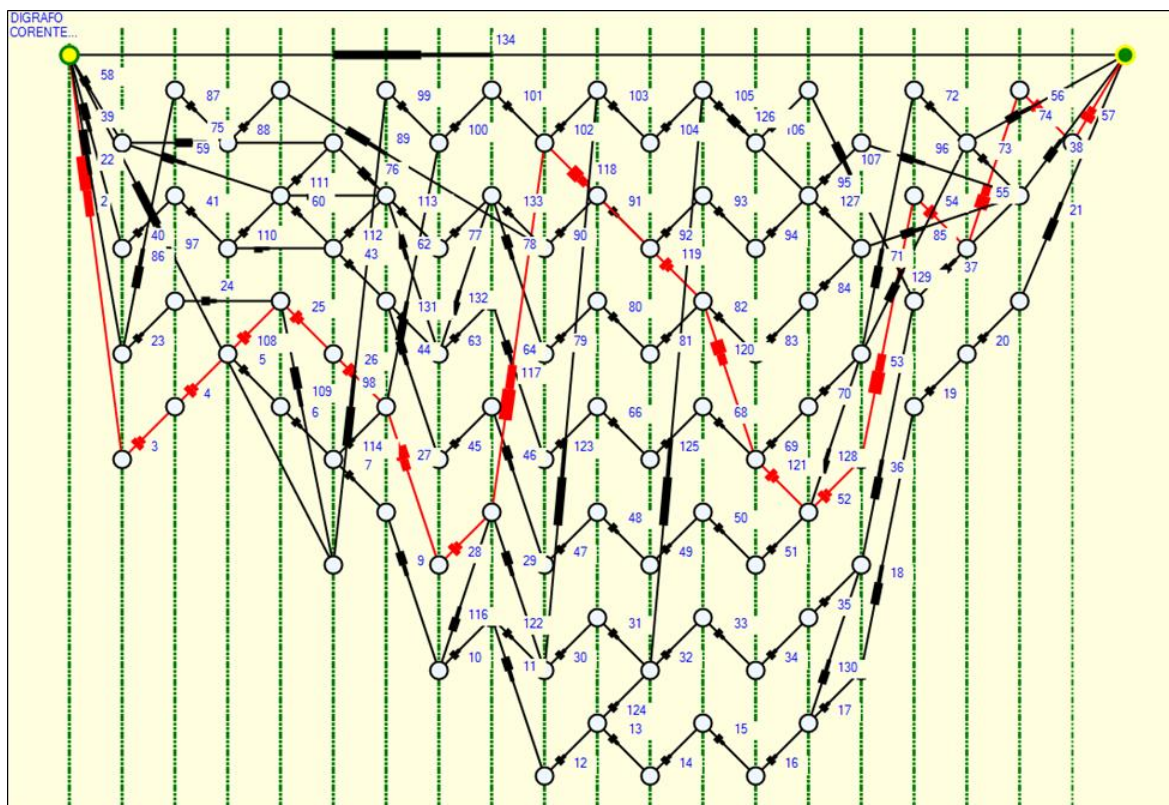


Figura 54 - Representação gráfica do digrafo exemplo

De modo a possibilitar uma melhor interpretação da génese do código em questão, foi feita uma associação aos sistemas e subsistemas hidrológicos, cujos termos de carácter comum são mais entendíveis. Considerando o seguinte holocódigo:

^Externo<Fonte1_Lago1;Lago2<Fonte2_Lago3#Lago1_Lago4#Lago2_Aquífero1#Lago3_Aquífero2;Estuario2#Aquífero1_Lago4#Lago4_Estuário1#Aquífero2_Estuário1#Estuário2_Lago5_Sumidouro2#Lago3_Aquífero2;Estuário2#Lago5_Estuário1>Sumidouro1>Sumidouro2

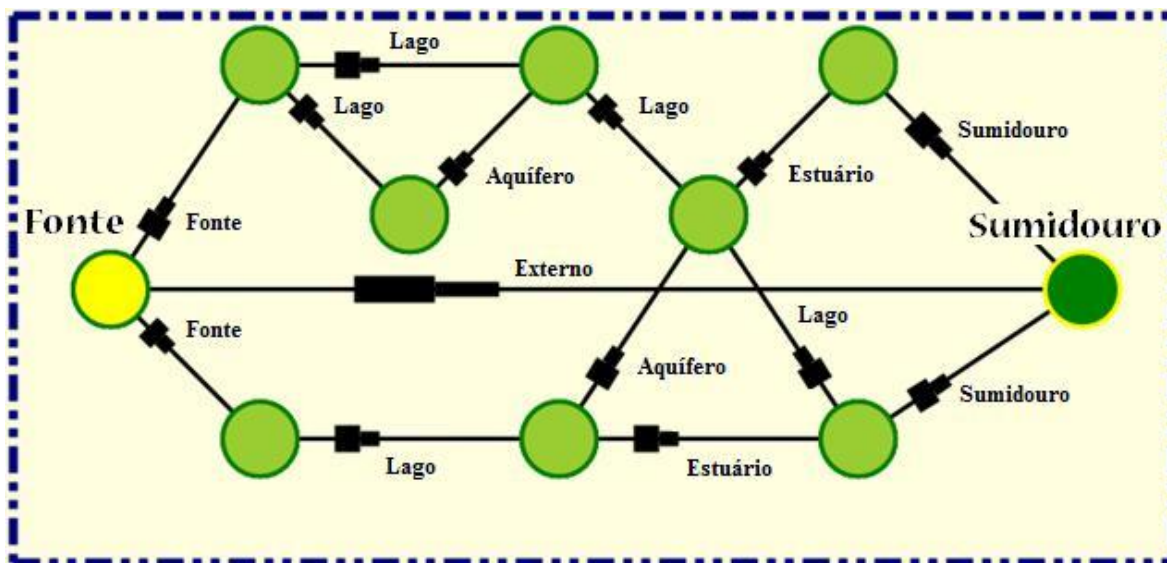


Figura 55 - Digrafo interpretativo da gênese do holocódigo

E atendendo ao digrafo interpretativo da gênese do holocódigo, representado na Figura 55, verifica-se que cada sistema/elemento terá pelo menos um evento inicial, “**Fonte**” e um evento final, “**Sumidouro**”, o qual, terá ou não, subsistemas constituintes, denominados:

- **Externo**, como se da “chuva” se tratasse, pois vem de cima, que é exterior ao sistema de circulação primário, sendo a sua fonte coincidente com a “**Fonte**” e o seu sumidouro coincidente com o “**Sumidouro**” do próprio sistema progenitor.

- **Fonte**, como o nome indica, é de onde a água brota, devido ao esvaziar de um outro subsistema situado no solo, cuja origem pode ser até conhecida, mas o seu trajeto (sistema) não é visível. Este subsistema terá a sua fonte coincidente com a “**Fonte**” e o seu sumidouro coincidente com a fonte de um dado Lago, subsistema interior ou com a fonte de um Aquífero, que também é um subsistema de maior interioridade.

- **Lago**, neste tipo de subsistema, afigura-se um potencial de armazenamento de água originária dos subsistemas fontes, sem que este seja esvaziado de imediato pelo “**Sumidouro**”, todavia, mais cedo ou mais tarde, irá secar ou se esvaziar para os subsistemas Aquíferos, no caso de estes existirem na sua proximidade, ou se a drenagem se processar num subsistema Estuário, do qual a sua fonte é abastecida pelo sumidouro do Lago. Logo a sua fonte coincide com o sumidouro de um dado subsistema Fonte e o seu

sumidouro faz-se coincidir com um outro subsistema Aquífero ou com um subsistema Estuário.

- **O Aquífero** será, por sua vez, um subsistema de armazenamento de maior capacidade. Subsistemas situados mais no interior do sistema progenitor, os quais comunicam com os lagos ou outros subsistemas do mesmo tipo ou simplesmente, estando ligados a subsistemas do tipo estuários, terão o seu sumidouro coincidente com as fontes daqueles. Contudo, já as suas fontes serão forçosamente os sumidouros de um determinado subsistema Lago ou de um outro Aquífero.

- **O Estuário** é um subsistema no qual se prevê uma decantação de fluxo, pelo que se projeta para a sua fonte, seja o sumidouro de um dado subsistema Lago ou de um subsistema Aquífero, sendo que para qualquer Estuário o seu sumidouro será forçosamente a fonte de um subsistema Sumidouro.

- **O Sumidouro**, que aqui, o nome também é propício, pois constitui um subsistema, no qual o seu sumidouro é o mesmo que o “**Sumidouro**” do sistema/elemento progenitor, já a sua fonte será o sumidouro de um dado subsistema Estuário.

5.2.2 – Caracterização formal de um subsistema

A caracterização formal de um dado subsistema, no âmbito da metodologia EHP, é feita pela abrangência dual de três parâmetros, de relativa associação entre eles. Tais parâmetros são, nomeadamente, a sua **situação** de integridade, o seu **bloqueio** temporal e o seu **estado** operante. Conforme ilustrado no Esquema 1, embora seja possível admitir alguma cronologia entre aqueles parâmetros, eles tornam-se fracamente independentes ao longo do tempo, em que a evolução é comandada pelas transmutações diretas ou indiretas.

Em relação à “**Situação**”, teremos duas possibilidades: ou o subsistema se encontra completo ou incompleto, isto é, existe um holocódigo validado para esse subsistema; ou não existe codificação válida e, nesse caso, se o subsistema em causa já estiver em estado ativo, a situação do sistema global também se configurará incompleta.

Para o “**Bloqueio**”, teremos também duas opções: ou o subsistema se encontra livre ou fixo, isto é, ele participa na governação de uma forma dinâmica; ou o seu início é

previamente fixado pelo governante do sistema, não se perdendo, contudo, a eventual flexibilidade de sua amplitude.

O “**Estado**” do subsistema é ditado por ele se encontrar ativo ou desativo, isto é, ou ele é participativo na governação ou inerte ao todo que o completa e a si mesmo.



Esquema 1 - Caracterização formal de um dado subsistema

5.3. – Operações básicas de transmutações

O procedimento para a concretização de uma determinada transmutação, relativa a um dado sistema, no âmbito da metodologia EHP, exige a existência de operadores funcionais básicos, que através do seu manuseio no seio do aplicativo sejam possíveis de serem entendidos como ferramentas. Nesse sentido, foram caracterizados sete desses possíveis operadores básicos, que são nomeadamente:

- o da criação ou anulação de eventos;
- o da ativação ou desativação de um dado subsistema completo ou incompleto;
- o da conversão de um dado subsistema elementar num subsistema incompleto;
- o da neutralização de um dado subsistema;
- o da reconversão de um dado subsistema incompleto num subsistema elementar;
- o do bloqueamento temporal de um dado subsistema;
- e o da criação de um subsistema clone.

Cuja apresentação genérica, para cada um destes operadores é feita em seguida;

-- Para um dado subsistema, a **criação ou anulação de eventos**, conforme ilustrado na Figura 56, é feita pelo EHP, desde que seja requerida pelo governante do sistema e se verifique, no caso dos eventos, a inexistência de dependências para qualquer subsistema;



Figura 56 - Criação ou anulação de eventos

-- A **ativação ou desativação de um dado subsistema completo ou incompleto**, conforme explicitado na Figura 57, é também feita, de forma orientada pelo EHP, por aplicação de algoritmos dedicados, requerendo à decisão do governante do sistema;

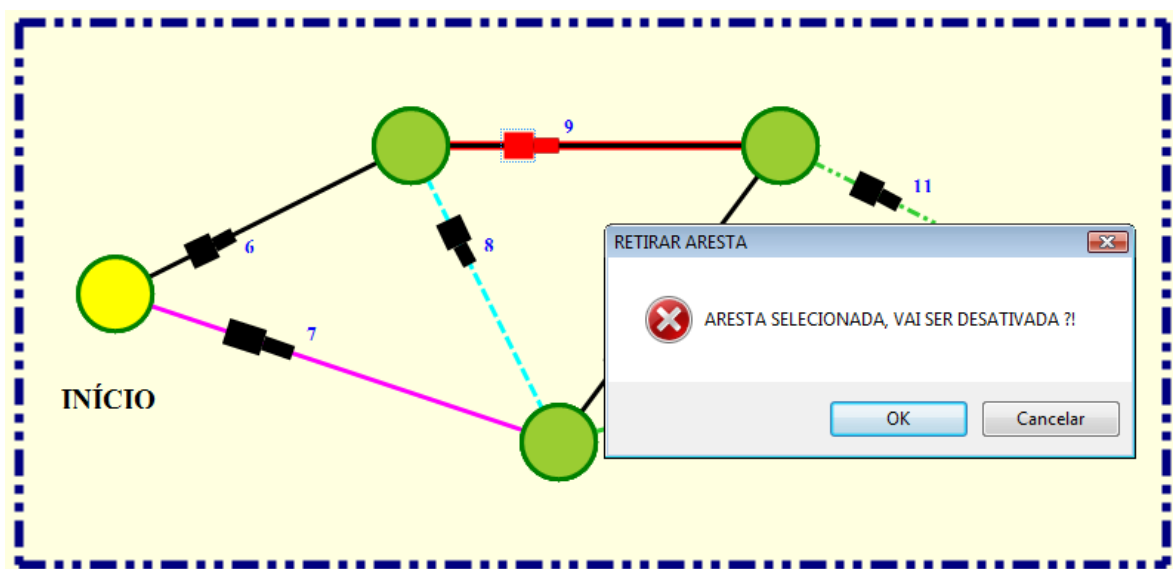


Figura 57 - Ativação ou desativação de um dado subsistema

-- A conversão de um dado subsistema elementar num subsistema incompleto, conforme evidenciado na Figura 58, é feita de forma automática pelo EHP, requerendo apenas a devida validação do governante do sistema;

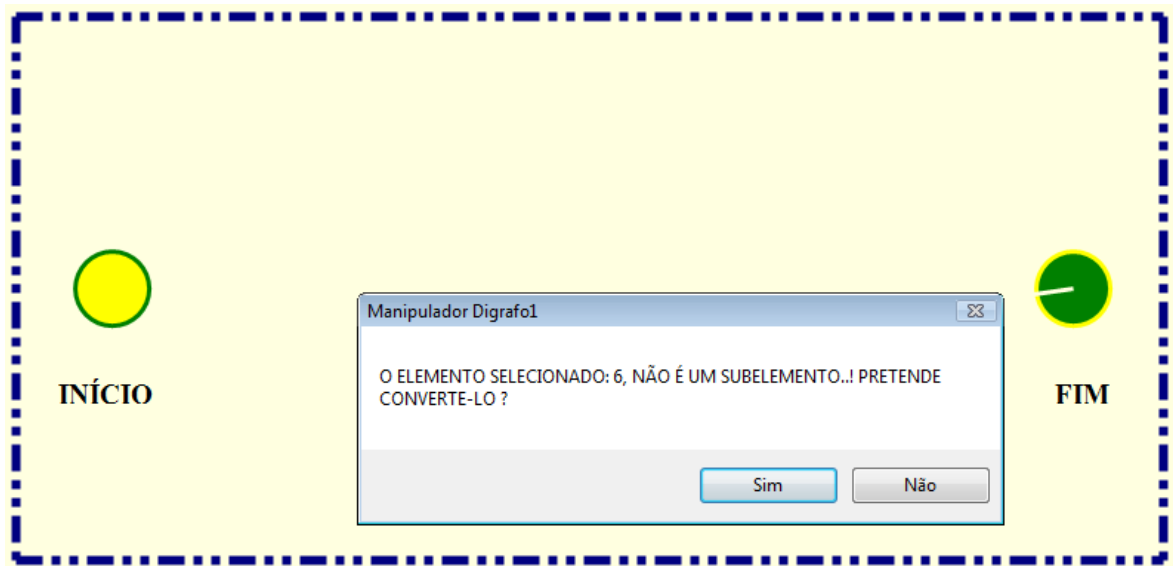
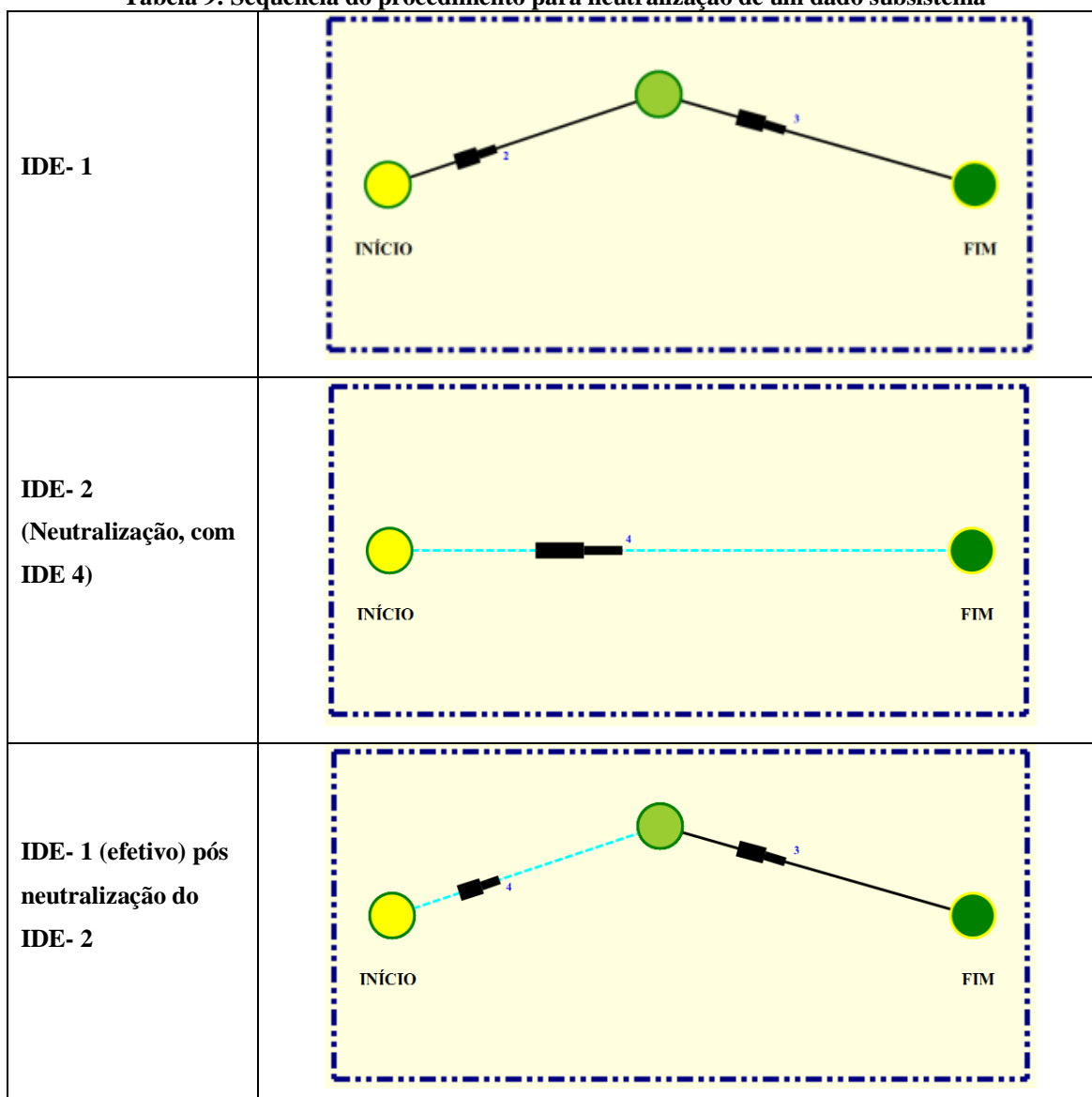


Figura 58 - Conversão de um dado subsistema elementar num subsistema incompleto

-- Na Tabela 9, é sequenciado, a título de exemplo, o procedimento de **neutralização de um dado subsistema [S]**, que se identifica pelos seguintes passos:

- Se [S] for elementar, primeiro deve-se promover a sua conversão para um subsistema incompleto;
- Se [S] for um subsistema já completo, então, para cada um dos seus subsistemas-componentes, é necessário propagar em ordem inversa, a neutralização dos seus integrantes, até obter a total neutralização pretendida;
- Se [S] for um subsistema já incompleto e vazio, a sua neutralização passa simplesmente, por completá-lo com um único subsistema externo, com categoria de conectores ou fictícios, conforme ilustrado no exemplo.

Tabela 9: Sequência do procedimento para neutralização de um dado subsistema



Considerando a possibilidade de neutralizar o subsistema IDE -2, que é incompleto e vazio, este deverá ser completado por um único subsistema IDE – 4 da categoria de conector ou fictícios.

-- A reconversão de um dado subsistema incompleto num subsistema **elementar** é feita por um procedimento análogo ao preceituado para o procedimento de neutralização, no qual, em vez do subsistema externo ter a categoria de conector, terá a categoria de invariante ou de recurso elementar do tipo R_i ;

-- O **bloqueio temporal de um dado subsistema** é conseguido de forma orientada no EHP, requerendo sempre o comando e decisão do governante do sistema, entendendo-se como bloqueio, a fixação da data de início para ser efetivado o seu processamento;

-- A criação de subsistema clone é também conseguida, de forma orientada no EHP, requerendo sempre o comando e decisão do governante do sistema, entendendo-se como clone um novo subsistema com a mesma tipificação estrutural de um dado subsistema clonado completo ou incompleto, tipificação essa, que é implementada por um algoritmo desenvolvido em linha, que se propõe para uma futura programação.

5.3.1 Subsistemas completos singulares

De modo a criar regras estruturais internas, também foi consignando no cerne desta nova metodologia, a existência de três tipos de subsistemas singulares, que foram denominados por subsistema:

- **Invariante;**
- **Neutralizador;**
- **Completo de produção direta.**

Neste último, recai uma maior atenção, pois trata-se de um novo conceito, também introduzido pelo autor, que se manifesta com uma enorme utilidade funcional. Seguindo-se abaixo a explicação para cada um destes tipos de subsistemas completos singulares.

Na Figura 59, é feita a representação de um possível **subsistema invariante**, o qual é configurado por um subsistema completo, que é invariante, pois é composto por subsistemas invariantes e ou conectores ou fictícios.

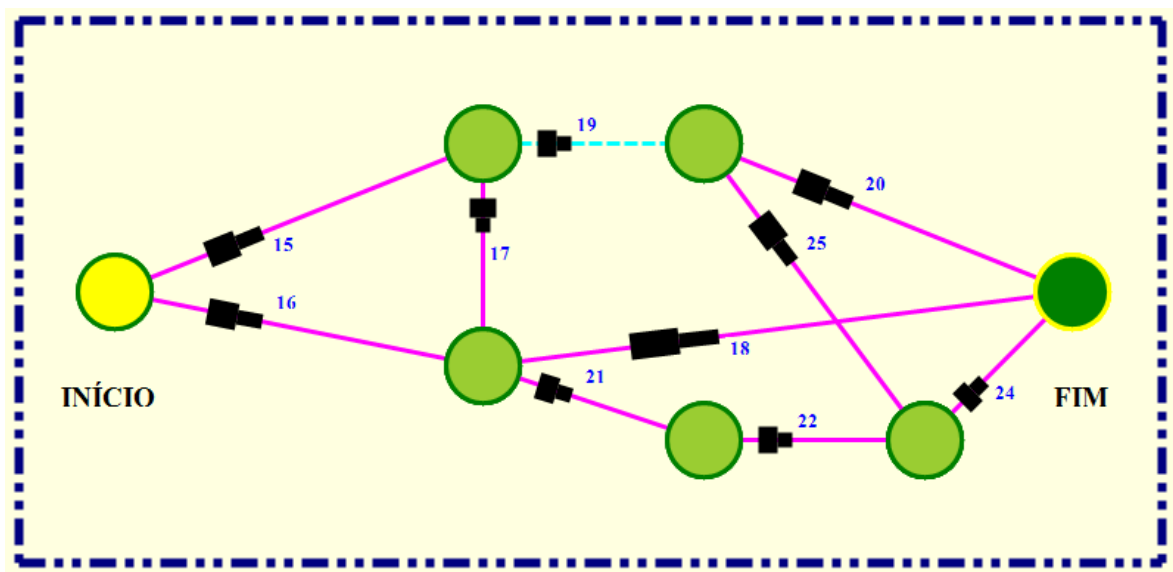


Figura 59 - Subsistema invariante

Na Figura 60, é representado um **subsistema neutralizador**, que também é um subsistema completo, pois promove a neutralização do seu sistema superior e que tem inaptnamente para sua amplitude o valor nulo.

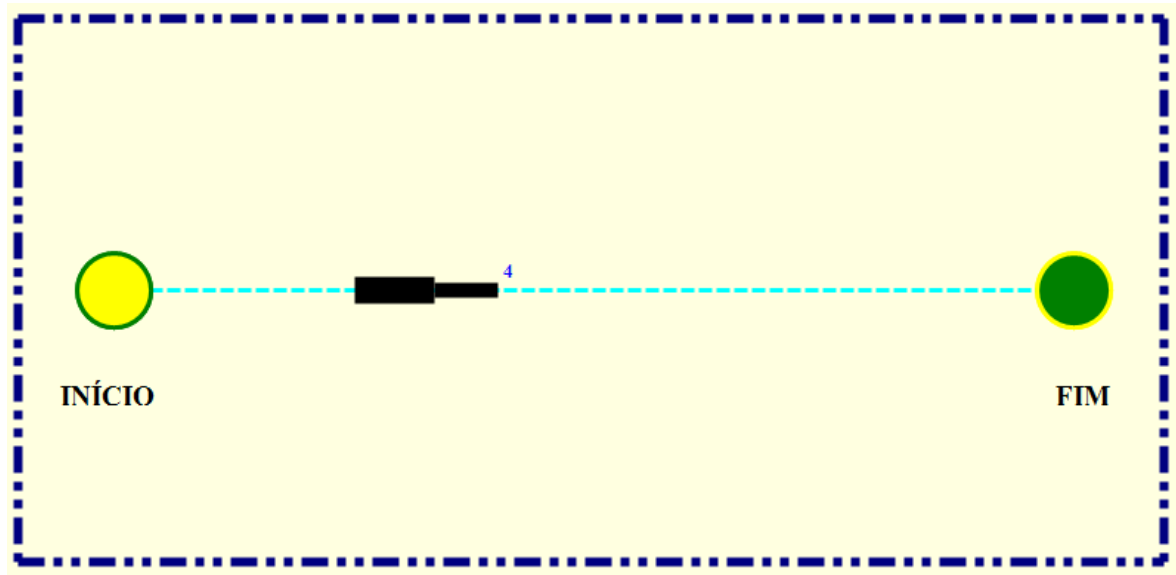


Figura 60 - Subsistema neutralizador

Na Figura 61, é representado um **subsistema completo de produção direta**, tratando-se também de subsistema completo, capaz de representar a produção direta de um determinado objeto, ou parte dele (objeto redutível máximo), este deverá ter uma tipificação estruturada, cujos eventos, início e de fim, estejam isolados por sistemas conectores, de modo a evitar influências diretas de outros subsistemas vizinhos.

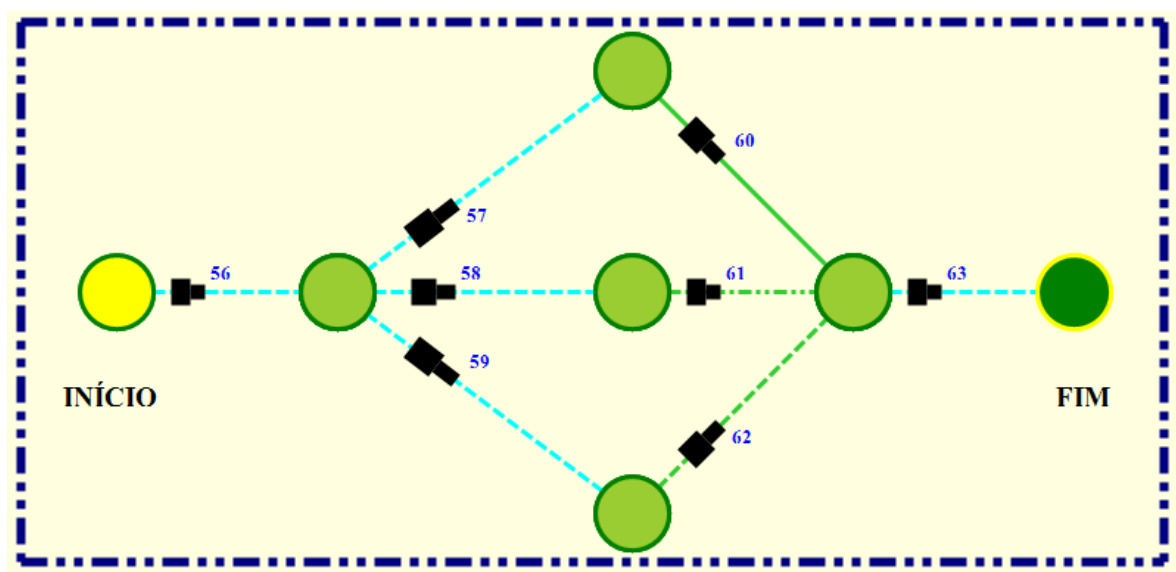


Figura 61 - Subsistema completo de produção direta

Neste exemplo é patente a existência de cinco subsistemas conetores e de três tipos de subsistemas baseados em recursos elementares, (Mão de Obra [60], Equipamento [61], Material [62]), os quais em sintonia, promovem a produção existencial de um dado objeto. Outras estruturas poderão ser propostas, desde que seja garantida a imunidade no que respeita às perturbações fronteiriças dos subsistemas aquando da agregação.

Contudo a padronização, deste tipo de estruturas codificadas, tornar-se-á crucial para a generalização da metodologia EHP, no sentido de ser possível o desenvolvimento de registos fidedignos e **holocodificados** por especialista, passíveis de serem utilizados em formatos de bibliotecas de processos (planeamentos) em função do tipo de obra.

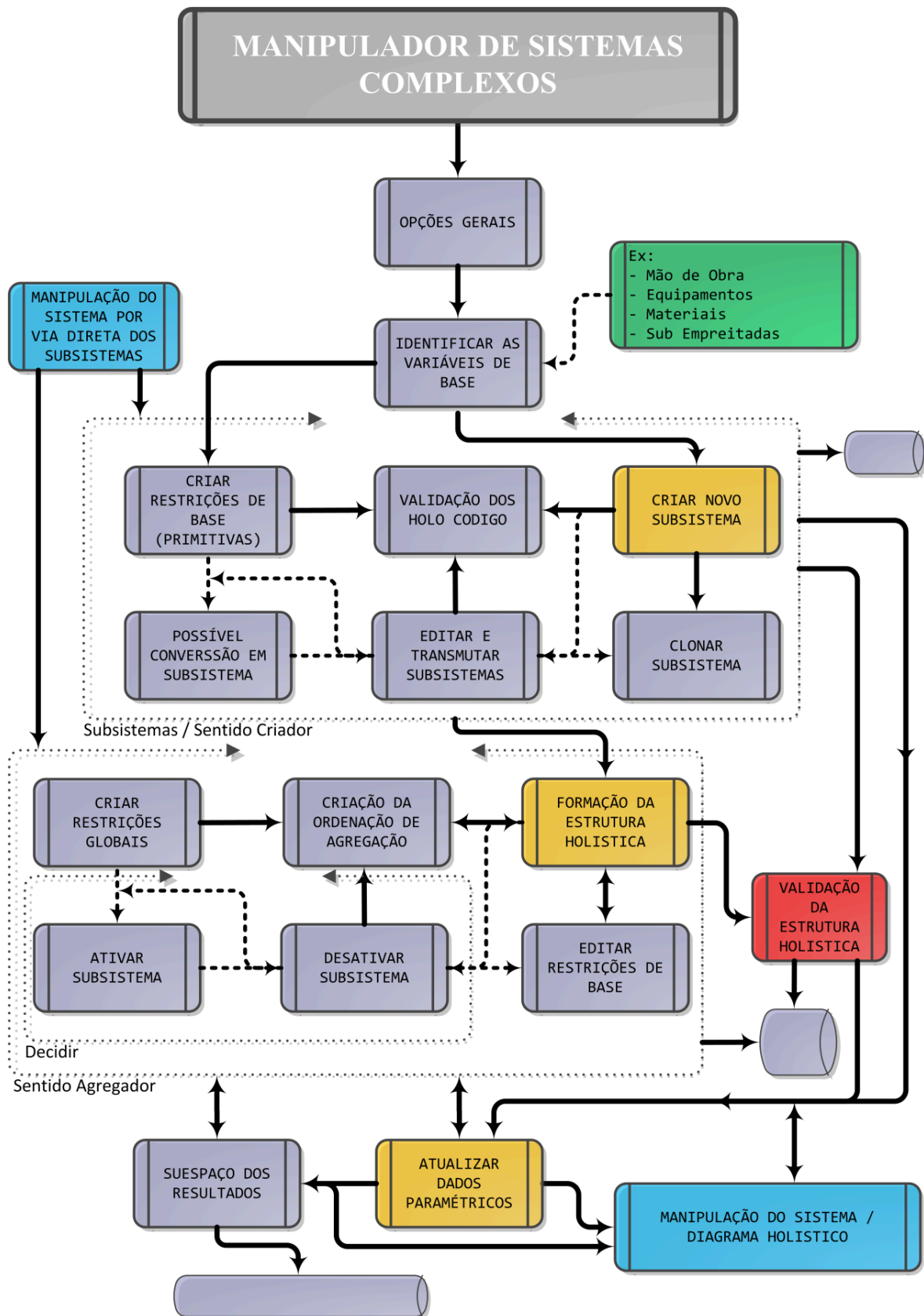
Aqueles registos passaram a ser vistos como atributos dos objetos (elementos) da construção civil, os quais, abrirão, assim, caminhos para os desenvolvimentos e a instrumentação requerida em BIM, relativamente ao planeamento e gestão de obras, naquele ambiente, que ainda é incipiente nessa matéria.

5.3.2 Descrição geral do aplicativo EHP

No Fluxograma 1, da página seguinte, é apresentada a estrutura funcional do aplicativo protótipo EHP, o qual servirá de base para a descrição genérica e explicitação funcional daquele programa informático, cuja estrutura é composta por nove partes genéricas comprometidas entre si, que serão alvo de explicitação neste ponto.

Aquelas nove partes estão organizadas em sintonia com o diagrama holístico do projeto, apresentado no capítulo anterior, e são nomeadamente as seguintes:

- as opções gerais (**OG**);
- o varrimento no sentido criador (**VC**);
- o varrimento no sentido agregador (**VA**);
 - Intercalada por uma componente decisora (**D**);
 - Validação da estrutura holística (**EH**);
 - Manipulação por via direta dos subsistemas (**MVDS**).
- o da atualização dos dados paramétricos (**DP**) (não implementado);
- o subespaço dos resultados (não implementado);
- o da manipulação do sistema através do diagrama holístico (**DH**);
- a da composição de base de dados (**BD**).



Fluxograma 1 - Estrutura funcional do aplicativo EHP

Como já foi referido, de forma a ser possível implementar a metodologia EHP, para uma determinada situação de planeamento e de controlo de obras, foi desenvolvido um aplicativo com a mesma designação EHP, do qual originou um novo conceito, denominado de “Manipulador de Sistemas complexos”, constituindo-se assim tal aplicativo numa ferramenta capaz de transmutar sistemas de natureza aberta, ditos de complexos evolutivos e, de alguma forma, também adaptativos.

A constituição daquele protótipo foi arquitetada em vários módulos, que interagem entre si, de forma a possibilitar que qualquer instrumentalista governe determinado problema de forma absoluta, com um maior ou menor vínculo escalar. Seguindo-se o fluxo algorítmico, serão referenciados todos os seus módulos, alguns dos quais merecerão mais à frente um maior desenvolvimento em tópicos individualizados.

O primeiro bloco de imputação é constitui pelas opções gerais (**OG**), que já de seguida, são apresentadas:

OG.1 – Nas “Opções Gerais”, conforme ilustrado na Figura 62, procura-se definir os parâmetros gerais para a governação integral do sistema, parâmetros esses sectorizados em cinco painéis, que são: Parâmetros temporais, Digrafos, Recursos, Espaço holístico e o do Cálculo.

Opções Gerais

Parâmetros temporais
Data início para projeto/obra:

	seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom
14	30	31	1	2	3	4	5
15	6	7	8	9	10	11	12
16	13	14	15	16	17	18	19
17	20	21	22	23	24	25	26
18	27	28	29	30	1	2	3
19	4	5	6	7	8	9	10

☐ Hoje: 23-04-2015
 Em uso:
 Dias:
 Dias

Digrafos
Simbologia para código
 Elemento Externo: ^
 Elemento Fonte: <
 Elemento Precedencia: _
 Elemento Interior: #
 Elemento Sumidouro: >
 Afastador de elementos: ;
 Afastador de ligações: *
 Repor símbolos [autor]

Recursos
Otimização
 Tempo máximo de busca para solução subótima: 5 s
 Fração temporal mínima: 1/1 UNIDADE TEMPO
 Tipo de análise padrão: MENOR CUSTO
☒ Ajustar solução subótima
 Opções
 Alocação do material:
☒ No início ☐ Proporcional ☐ No fim
☐ Permitir partilha de recursos próximos
☐ Imposição de recursos quando estritamente necessário
☐ Permitir redifinição constante de recursos nominativos
☐ Permitir alocação de recursos não vocacionados
☐ Permitir colonagem de recursos
 Restrições
 Número máximo de recursos nominativos: 6
 Número mínimo de recursos nominativos: 1
 Prioridade:
☐ Materiais ☒ Mão de Obra
☐ Equipamento ☐ Indiferente

Espaço Holístico
Opções
☐ Permitir redifinição da criticidade
☐ Permitir aumentar prazo
☐ Permitir aumentar custo
☐ Permitir perda de qualidade
 Restrições
☐ Subempregadas com folgas
☐ Não representar neutros

Cálculo
Opções
 Iterativo:
☒ Sim ☐ Não
☒ Apresentar alertas
☒ Apresentar mensagens de erro
☒ Recomeçar quando erro
☒ Gravar na Base de dados
 Imprimir Cancelar Ok

Figura 62 - Painel de imputação dos parâmetros gerais para a governação

OG.1.1 – Ao nível dos parâmetros temporais, temos a data requerida para o início do projeto/obra, a unidade temporal de uso e a unidade de jornada de trabalho geral. Habitualmente, para uma obra, dita de corrente (exemplo: moradia, edifício de habitação...), é usual praticar-se para a unidade temporal, o dia, considerando-se oito horas para cada uma dessas jornadas de trabalho, intercalada pelo almoço. Estes parâmetros manifestam-se como imperativos na definição do calendário dos recursos aquando da consideração da dimensão dos objetos redutíveis máximos, conforme conceito definido no capítulo 1.

OG.1.2 – No painel dos “Digrafos”, é feita a definição da simbologia utilizada na criação dos holocódigos correspondentes a cada digrafo, símbolos esses que são replicados nas transformações daqueles holocódigos. Neste tipo de dado abstrato, temos a hipótese de comandar a mutação simbólica, em que, na sua condição básica, não é admitida qualquer repetição de símbolos, ou seja, múltiplos e que se confundam com os números naturais, incluindo o zero.

É sugerida ainda uma tipificação padrão da simbologia, proporcionando-se dessa forma, para modestos exemplos, uma fácil compreensão digráfica, conforme Figura 63, e possibilitando intuitivamente a execução do esboço representativo do respetivo digrafo (56;149^25<20_12<44_23 #12_23>23), por cima de um qualquer cartão, ou até mesmo, na areia da obra, sem recorrer a qualquer algoritmo representativo, isto é, à “mão”, de forma a comunicar a lógica processual requerida numa dada ação.

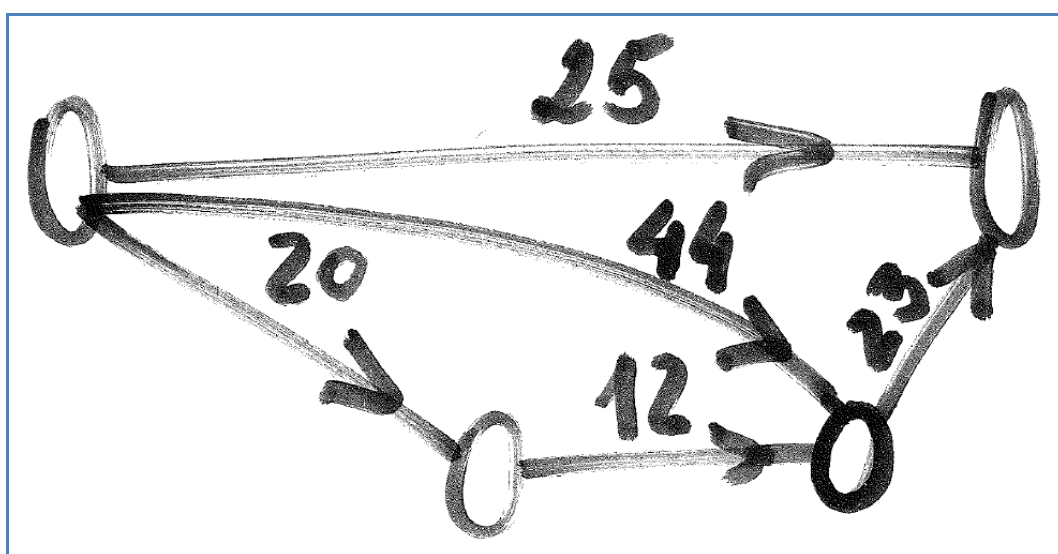


Figura 63 - Esboço de um pequeno digrafo

OG.1.3 – Para os recursos, optou-se por uma divisão em três subpainéis de governo, o da otimização, o das opções e o das restrições;

OG.1.3.1 – A otimização

Nesta importante componente, onde é requerido ao governante o tempo máximo de busca para uma solução subótima, este tempo computacional (por exemplo 5 segundos) será o tempo máximo de processamento gasto na busca de uma fita organizacional, mais bem “arrumada” de determinado recurso-alvo, constituindo-se numa solução quase ótima para a arrumação dos fragmentos temporais daquele recurso, função de um determinado critério pré-estabelecido. Considera-se fração temporal mínima, a fração correspondente à unidade de tempo, para a qual é aceitável a reorganização temporal dos recursos. Isto é, considerando-se, por exemplo, uma jornada de trabalho constituída por 8 horas laborais, em que a unidade temporal é o dia, onde o recurso-alvo poderá realocar-se finda determinada fração daquele tempo, por exemplo $1/2$ para a fração temporal mínima, equivale a permitir (ou a impor) que, de 4 em 4 horas, os recursos possam ser (ou que sejam) realocados dinamicamente.

Para o tipo de análise-padrão, é proporcionada a escolha de critérios globais, segundo os quais a escolha dos recursos nominativos irão ser preferidos. Dois dos critérios de maior divulgação é o de menor custo e o de menor prazo, em que tais conceitos concorrentes e indissociáveis não são refletidos por nenhuma função de entendimento matemático. Em geral, quando o tempo (prazo) aumenta, o custo também evolui, ou não! Quer dizer, quando o prazo do projeto diminui, o custo aumenta, ou não! E a qualidade? Esta também constitui um critério, que se pode reconverter numa perspetiva mensurável e assim constituir um elemento decisor. Outro critério que ainda é possível de ser implementado pelo EHP é o critério da prioridade relativa que, por vezes, resulta de uma decisão política, que é ditada sem qualquer racionalidade.

A possibilidade adicional de um ajustamento da solução subótima, através do processamento de um módulo dedicado em correções de vizinhanças, constitui também uma opção no processo de otimização, pese embora o seu gasto computacional em contraponto com a instantaneidade que se pretende na resposta do sistema.

OG.1.3.2 – Opções

Neste quadro, é feito um especial destaque à lógica de como é processada a alocação do recurso material, podendo ser feita no início da necessidade do consumo ou uso de outros recursos, na sua proporcionalidade direta ao longo do tempo despendido por outro recurso, ou até de modo controverso, sendo considerado no fim de um outro procedimento. Na lógica construtiva corrente, tal dependência é ligada ao início da necessidade do seu consumo, na qual a alocação dos materiais deverão ocorrer em antecipação ao uso dos recursos de mão de obra e de equipamentos.

Ainda neste quadro opcional, poderão ser consideradas ou não os seguintes aspetos:

- **Permitir a partilha de recursos próximos**, ou melhor, deve entender-se como recursos próximos, por exemplo, uma grua (recurso de equipamento) que dá resposta em simultâneo a duas obras, sendo de difícil imputação parcelar a cada uma delas.
- **Impor recursos quando estritamente necessários**, ou seja, esta opção garante ao sistema uma flexibilidade mínima, fazendo, se necessário, algumas alocações, por vezes, inconvenientes de recursos diferenciados.
- **Permitir redefinição constante de recursos nominativos**. Neste cenário de repostas dinâmicas, onde o sistema se manifesta em todos os instantes, por mudanças operacionais numa relação individual dos recursos, é espectável, que em pequenas obras, esta opção não deva ser validada, pois só levaria a distúrbios no seio do simples aparelho produtivo, cirandando-se uma maior desordem dentro da pouca ordem já adquirida. Já em projetos de média e grande dimensão, esta opção é merecedora de ser ativada, pois garantirá um certo grau de aferição, desejável ao controlo requerido constante no desempenho dos recursos alocados.
- **Permitir alocação de recursos não vocacionados**, isto é, esta opção é direcionada para o uso ou consumo de recursos nominativos que, embora não sejam vocacionados para um determinado fim, foram no seu registo declarados como polivalentes, possibilitando, assim, a sua quase integral alocação.
- **Permitir clonagem de recursos**. Esta premissa leva a que o sistema em caso de necessidade governamental, solicite ao governante recursos idênticos a outros, de forma a garantir as necessidades temporais básicas mínimas. Este conceito traduz-se à luz do que já foi retratado nos operadores, aquando da criação de sistemas clones, que é um

procedimento de replicação estrutural dos elementos existentes, neste caso dos subsistemas dos recursos nominativos.

OG.1.3.3 – Restrições

Em relação às restrições dos recursos, o seu acondicionamento surge em termos de número máximo e mínimo de recursos nominativos possíveis de serem alocados. Esta parametrização poderá ser importante para não deixar o sistema construir uma resposta inexequível, nomeadamente, por causa da limitação física no caso majorante ou pelas imposições contratuais no caso minorante.

Também se destaca a possibilidade da preferência dos tipos de recursos elementares, sendo que este fator é determinante para um eventual desempate do processo decisório. Convencionalmente, promove-se que seja a mão de obra como primeira prioridade, pois quer em termos de custos, quer em termos de complexidade, aquele recurso é geralmente mais relevante que outros. Contudo, deixa-se ao critério do agente, a eventual modificação daquele pressuposto, em virtude de uma possível especificidade construtiva, cujo planeamento, que se pretende modelar assim o solicite.

OG.1.4 – Espaço holístico

Na tentativa de se prever a realidade de um futuro próximo, a modelação é hoje uma forte ferramenta manipuladora de sistemas, contudo, se o objetivo é o governo dos acontecimentos, devemos projetar potenciais sistemas e não cenários modulados dentro de um dado sistema. Sendo que é necessário para uma qualquer modulação do sistema, uma estruturação sistémica do assunto, em que se pretende ter o domínio, procurando as respostas na estrutura que integra o sistema como um todo e não nas suas partes reducionistas. Neste contexto, nas opções vincadas neste painel, foram considerados vários aspectos pertinentes, como permitir, entre os quais, **a redefinição da criticidade; o aumento do prazo e do custo e a perda de qualidade.** A criticidade como já retratamos, é ditada pelo próprio sistema em sede das suas entrelaçadas interdependências, quando o operador permite a redefinição da criticidade de um dado subsistema ou de todos os subsistemas em geral, fica garantida a manutenção da interligação estruturante de todo o sistema como um todo. Característica exigida por um sistema que se quer governável. A permissão do aumento do prazo condiciona o desbloqueio existencial do sistema, quando

este é projetado para outro estado fora dos seus limites temporais programados. O sistema só será algo valioso para o governante, se for possível para ele, se se manifestar incondicionalmente na sua existência. **No caso do aumento do custo**, este condiciona o desbloqueio existencial do sistema, quando é projetado para outro estado, fora dos seus limites de custos programados. Isto é, poderá existir ou não interesse para a existência do comando de controlo ao nível do custo. Por fim, a perda de qualidade condiciona também o desbloqueio existencial do sistema, quando este é projetado para outro estado fora dos seus limites de qualidade programados.

Para as restrições na lógica deste espaço holístico, foram consideradas duas opções, uma em que possibilita as subempreitadas de terem acesso ou não às folgas ditadas pelo sistema e outra em ser ou não representados os subsistemas neutros no diagrama holístico, conforme retratado à frente.

OG.1.5 – Cálculo.

Por último, em termos de característica dos recursos, é apresentado o painel do cálculo dos parâmetros governamentais, que possibilita a efectivação do cálculo de modo que este ocorra em modo iterativo ou direto. Por um lado, quando este se efetua em modo iterativo, o procedimento é fortemente acompanhado por uma componente gráfica, que exhibe e possibilita a interação com o operador, possibilitando um grande envolvimento sistémico entre o operador e o problema real que se pretende representar, que é como fazer “tricô”, implicando uma enorme paciência operatória. Por outro, a efectivação em modo direto possibilita uma maior fluidez dos processamentos.

Opcionalmente, também se pode requerer: que sejam ou não apresentados “alertas”, e ou, mensagens de erros, e que todo o sistema seja reiniciado aquando de uma situação de erro de processamento, ou o ignore, assim como, possibilitar que o cálculo seja ou não guardado progressivamente numa base de dados em detrimento de um aumento computacional significativo.

Após validação das opções gerais do primeiro bloco, segue-se a identificação das variáveis de base (os recursos) no módulo IVB. No caso de uma obra de construção civil, aquelas variáveis serão inevitavelmente do tipo: mão de obra, equipamentos, materiais e de subempreitadas, em que numa fase introdutória, a identificação é feita sob forma de tabela, associada em modo genérico à base de dados, particularizando-se as necessidades

previsíveis, respetivamente aos tipos de profissionais, de equipamentos, de materiais e de subempreitadas.

A título de exemplo explicativo, é apresentado em ambiente funcional do aplicativo, na Figura 64, as janelas de imputação para a identificação da variável mão de obra e a criação das correspondentes restrições primitivas (fragmentos de uso de profissionais).

Recurso - Mão de Obra

ID MO: 32

CODIGO_AUX	PROFISSIONAL
a15b	Ajudante
a16a	Montador pladur
a16b	Ajudante
a17a	Ladrihador
a17b	Ajudante
a18a	Canteiro
a18b	Ajudante
a19a	Pintor
a19b	Ajudante
a20a	Aplicador epoxis
a20b	Ajudante
a21a	Aplicador vinilicos

PROFISSIONAL: CODIGO AUX: a19a

Pintor

NOVO ALTERAR SALVAR ESCOLHER/SAIR

Gestão de Profissionais

IDR_MO	REGISTO_NOME	NOME	PROFISSÃO	IDADE	TEMPO DE SERVIÇO	PRIORIDADE
706	3	Pedro Silva	Vidraceiro	54	45	54
707	3	Joaquim Dias	Funileiro	54	45	54
708	3	Pedro Luís	Funileiro	54	45	54
709	3	Daniel Pinto	Estudador	54	45	54
710	3	Carlos Silva	Pintor	54	45	85
711	3	Miguel Nuno	Servente	54	45	54
712	3	José Pereira	Funileiro	54	45	54
713	3	Luís Pogo	Funileiro	54	45	54

Lista de categorias profissionais: Pintor

IDR MO: 710 REGISTO: 3 PROFISSÃO: Pintor

NOME: Carlos Silva IDADE (anos): 54 ☒ ATIVO ID MO: 32

TEMPO DE SERVIÇO (meses): 45 CUSTO de custos: CUSTO HORA (€): 28

PRIORIDADE (%): 85 CUSTO UTILIZAÇÃO (€): 0

RENDIMENTO HISTÓRICO (%): 68 CUSTO MOBILIZAÇÃO HORA (€): 3

RENDIMENTO TEÓRICO (%): 84

RENDIMENTO EM EQUIPA (%): 95 QUALIDADE (%): 54 ☒ POLIVALENTE

Novo Validar Apagar Cancelar Imprimir OK

Figura 64 - Janelas de imputação para a identificação de variável e criação das restrições primitivas

Numa observação mais cuidada da Figura 64, é possível observar e descrever o seguinte:

- A variável em referência, que é o recurso mão de obra / pintor, é identificada (à esquerda) numa lista pelo aplicativo, através de um identificador, ID_MO: 32;
- Na lógica da gestão dos profissionais, o profissional Carlos Silva é identificado de modo inequívoco, também numa lista através de um identificar IDR_MO:710;
- Sendo o Carlos Silva, um indivíduo classificado como pintor, para além de lhe serem imputados vários atributos, aquele que o identifica como pintor é o seu ID_MO: 32, correspondente a primeira lista indicada.

Para as restantes variáveis, os procedimentos são semelhantes, contudo, terão de ser considerados os parâmetros que sejam mais apropriados para cada tipo de variável. Embora estes procedimentos já estejam implementados no aplicativo, estes não serão aqui abordados, pois tornar-se-ia bastante monótono para o leitor, sendo que esse nível de detalhe poderá ser vertido num futuro manual do aplicativo EHP.

Para cada indivíduo, no momento da abertura do seu cadastro, é-lhe imputado vários atributos, uns fixos e outros mutáveis. É sobre alguns dos atributos mutáveis que o sistema se irá encarregar de os atualizar por via de uma global monitorização paramétrica, permitindo também, como expectável, a intervenção do operador. Destes atributos, entre outros possíveis, podemos destacar aqueles que servirão de base para aplicação dos critérios de otimização referenciados no bloco anterior, que são, nomeadamente, os relacionados com os custos, a produção, a qualidade, a prioridade e outros passíveis de serem identificados numa abordagem com outros critérios.

Um dos atributos fixos de maior pertinência para o sucesso do projeto é a polivalência do indivíduo, pois se o Carlos, que é pintor, que só pinta, e num determinado momento não se pode pintar, então, o que se faz com ele? Dir-se-á a ele que olhe para o teto, ou se preste em passar a lixa no teto, apoiando assim o estucador!

VC - Varrimento criador

A disciplina que se pretende estabelecer na identificação das variáveis de base é comandada pelo sistema através dos fluxos de informação, fluxos esses, que foram e são remodeláveis através de recalques do varrimento criador (VC) no contexto da metodologia EHP, o qual é constituído por seis blocos interdependentes, o primeiro, que já foi aflorado, é responsável por **criar as restrições de base** (primitivas), que designaremos de VC.1. Os restantes módulos serão rotulados da seguinte forma, sendo posteriormente descritos:

Criar novo subsistema - VC.2

Validar os holocódigos -VC.3

Converter o subsistema completo inato num subsistema incompleto -VC.4

Editar e transmutar subsistemas - VC.5

Clonar subsistemas - VC.6

VC.1 - Criar restrições de base (primitivas)

Na sequência da identificação das variáveis de base, e no sentido do varrimento criador, irão surgir as primeiras restrições de base, também designadas de primitivas. No geral, e na lógica da metodologia pretendida, as restrições são subsistemas que foram criados e ainda se encontram incompletos, ou foram desativados, direta ou indiretamente por arrastamento estrutural.

Uma restrição pode surgir quando não existem recursos/subsistemas completos para completar o elemento/subsistema em criação ou ainda, quando um dado subsistema necessita de se completar com um dado recurso/subsistemas, e este ainda, ou não foi disponibilizado, ou não existe, ou não foi completado. Sendo que as restrições primitivas se manifestam, como se, de subsistemas se tratassem.

O próprio sistema global, quando é criado, é incompleto, e é por si só uma restrição a si mesmo. No sistema, que evolui na sua estrutura complicada, as restrições primitivas irão dinamicamente aparecer e desaparecer. Para qualquer sistema, a sua governação só é fiável, se todas as restrições estiverem em pleno domínio do governante. Resolver uma restrição é, por um lado, ativar o subsistema que está desativado ou completar algum sistema que ainda esteja incompleto. Por outro, resolver uma restrição primitiva pode ser também disponibilizar oportunamente o recurso requerido.

Nesse sentido, poder-se-á entender que as restrições de base, ditas primitivas, serão subsistemas elementares que foram criados, e que já se encontram integradas num subsistema completo, potencialmente governável. A qualidade de um sistema em ser operante poder-se-á perder aquando da falência da integridade do sistema, convertendo-se, assim, num sistema globalmente incompleto, isto é, numa restrição global.

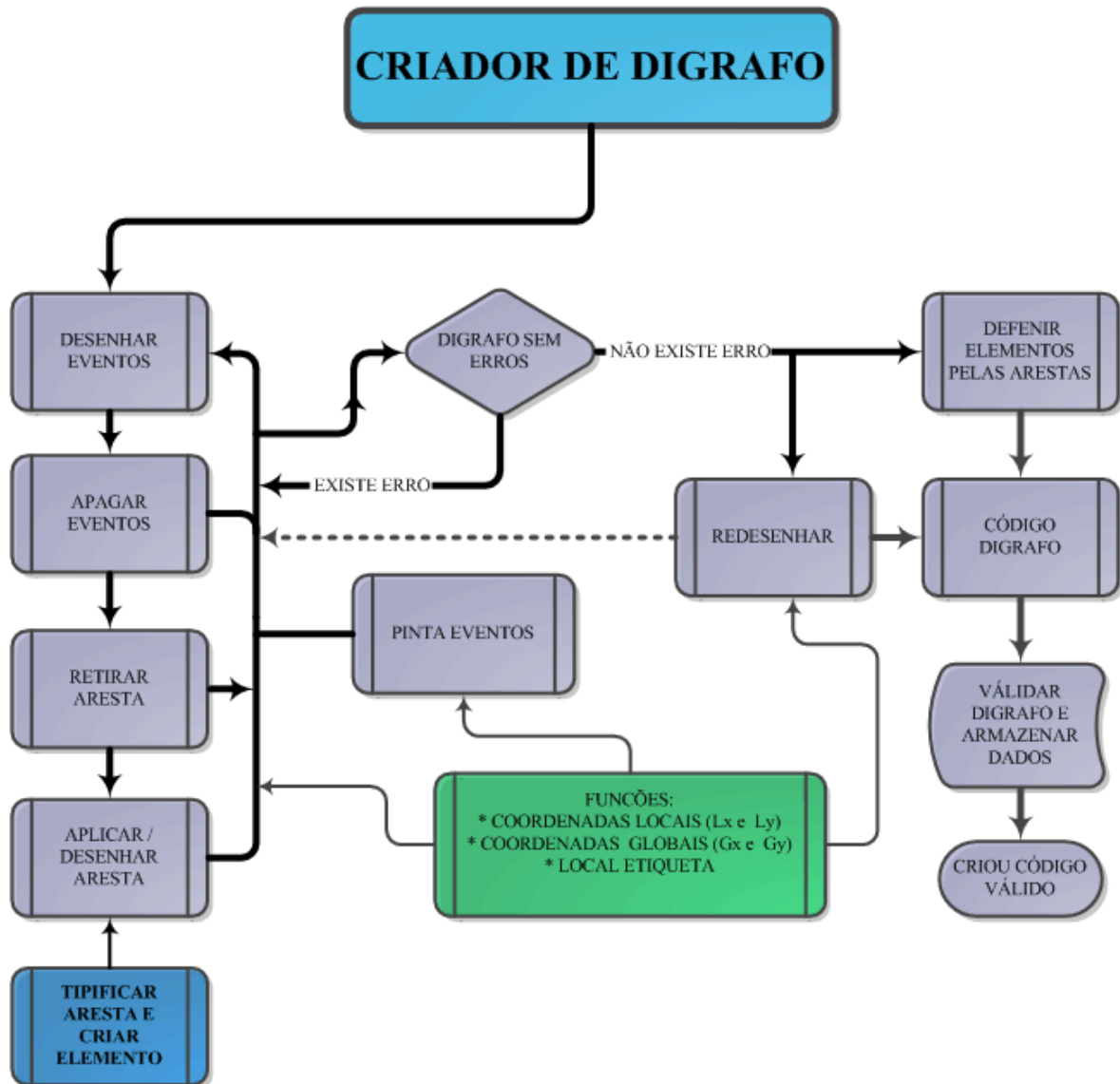
VC.2 - Criar um novo subsistema

Operacionalmente, a criação de um subsistema enfrenta duas conquistas: a primeira com o seu surgimento, no seio de um dado sistema progenitor, e a segunda conquista, em virtude da sua criação este poder ser completado.

Aquele processo criativo, por sua vez, conduz respetivamente, a duas certezas: a primeira de que a codificação reproduzida no sistema progenitor é passível de ser válida, e a segunda de que o seu próprio holocódigo seja também validado. Para a validação dos

referidos holocódigo, o aplicativo sustenta-se num módulo denominado de “validação dos holocódigos”, que será apresentado a seguir em VC.3.

Dando agora mais notoriedade ao procedimento da criação de um subsistema, são apresentadas, no Fluxograma 2, as bases desenvolvidas para tal efeito.



Fluxograma 2 - Procedimento de criação de um subsistema (Digrafo)

A criação de um determinado subsistema é substanciada pela construção de um digrafo (grafo orientado), da qual resulta uma codificação válida.

Em virtude da necessária conjugação, entre a verificação comandada pela não existência de erros e a tipificação dos seus elementos constituintes, potencializou-se uma

ferramenta capaz de gerar a pretendida "criação" geométrica num ambiente iterativo com o instrumentalista.

No excerto do código programado que se segue é evidenciada a estrutura de busca para a determinação do total de elementos constituintes de um dado digrafo, com base na manipulação da respetiva *string* e também a funcionalidade programada para a extração dos elementos do tipo "Externos".

```

NTOTAL = NE + NF + NI + NS
'#####
'##### Escrita dos elementos Externos #####
If NE > 0 Then
    Gaux1 = Trim(G)
    For j = 0 To NE - 1
        ELEMENTOEXTERNO = Mid(Gaux1, PEXTERNO(j) + 2)
        'MessageBox.Show(ELEMENTOEXTERNO, "em...ELEMENTOEXTERNO 1 º Iteração")
        ELEMENTOEXTERNO = Trim(ELEMENTOEXTERNO) + " "
        COMPAUX = Val(Len(ELEMENTOEXTERNO))
        NAUX = 0
        For S = 0 To COMPAUX
            DIGITOFINAL = ELEMENTOEXTERNO.Chars(S)
            NAUX += 1
            If DIGITOFINAL = SBE Or DIGITOFINAL = SBF Or DIGITOFINAL = SBI Or DIGITOFINAL = SBP Or
DIGITOFINAL = SBS Or DIGITOFINAL = SBA Or DIGITOFINAL = " " Then
                NAUX -= 1
                Exit For
            End If
        Next
        ELEMENTOEXTERNO = Mid(ELEMENTOEXTERNO, 1, NAUX)
        'MessageBox.Show(ELEMENTOEXTERNO, "em...ELEMENTOEXTERNO finalmente")
        EXTERNO(j) = ELEMENTOEXTERNO
    Next
End If

```

De igual modo é também apresentado, a título de exemplo, a codificação necessária para a escrita do elemento tipo de "Fonte". Verifica-se, neste caso, apenas pequenas alterações na busca.

```

'#####
'##### Escrita dos elementos Fontes #####
If NF > 0 Then
    Gaux1 = Trim(G)
    For j = 0 To NF - 1
        ELEMENTOFONTE = Mid(Gaux1, PFONTE(j) + 2)
        'MessageBox.Show(ELEMENTOFONTE, "em...ELEMENTOFONTE 1 º apuradela")

        ELEMENTOFONTE = Trim(ELEMENTOFONTE) + " "
        COMPAUX = Val(Len(ELEMENTOFONTE))
        NAUX = 0
        For S = 0 To COMPAUX
            DIGITOFINAL = ELEMENTOFONTE.Chars(S)
            NAUX += 1
            If DIGITOFINAL = SBE Or DIGITOFINAL = SBF Or DIGITOFINAL = SBI Or DIGITOFINAL = SBP Or
DIGITOFINAL = SBS Or DIGITOFINAL = SBA Or DIGITOFINAL = " " Then
                NAUX -= 1
                Exit For
            End If
        Next
        ELEMENTOFONTE = Mid(ELEMENTOFONTE, 1, NAUX)
        ' MessageBox.Show(ELEMENTOFONTE, "em...ELEMENTOFONTE finalmente")
        FONTE(j) = ELEMENTOFONTE
    Next
End If

```

Na pretensão de facultar uma vital ferramenta para a criação de sistemas (digrafos), na Figura 65, é apresentado o painel construtivo de capacidade iterativa, que proporciona ao utilizador o manuseio dinâmico e comunicativo de criação do digrafo corrente. Sendo observado que perante qualquer ação, sobre o painel de construção, é fornecida uma informação abundante de existência ou não de erros, nomeadamente:

- Existência de eventos sem possibilidade de fluxo;
- Existência de eventos soltos, não ligados;
- Existência de ciclos internos, implicando em erros na construção lógica adotada pelas precedências;
- Existência não controlada dos vários tipos de elementos, (externos, fontes, interiores e sumidouros);
- A sequenciação em tabelas das arestas sucessoras e antecessoras;
- A possibilidade de validação do subsistema corrente, quando é reconhecido e exibido algum holocódigo válido.

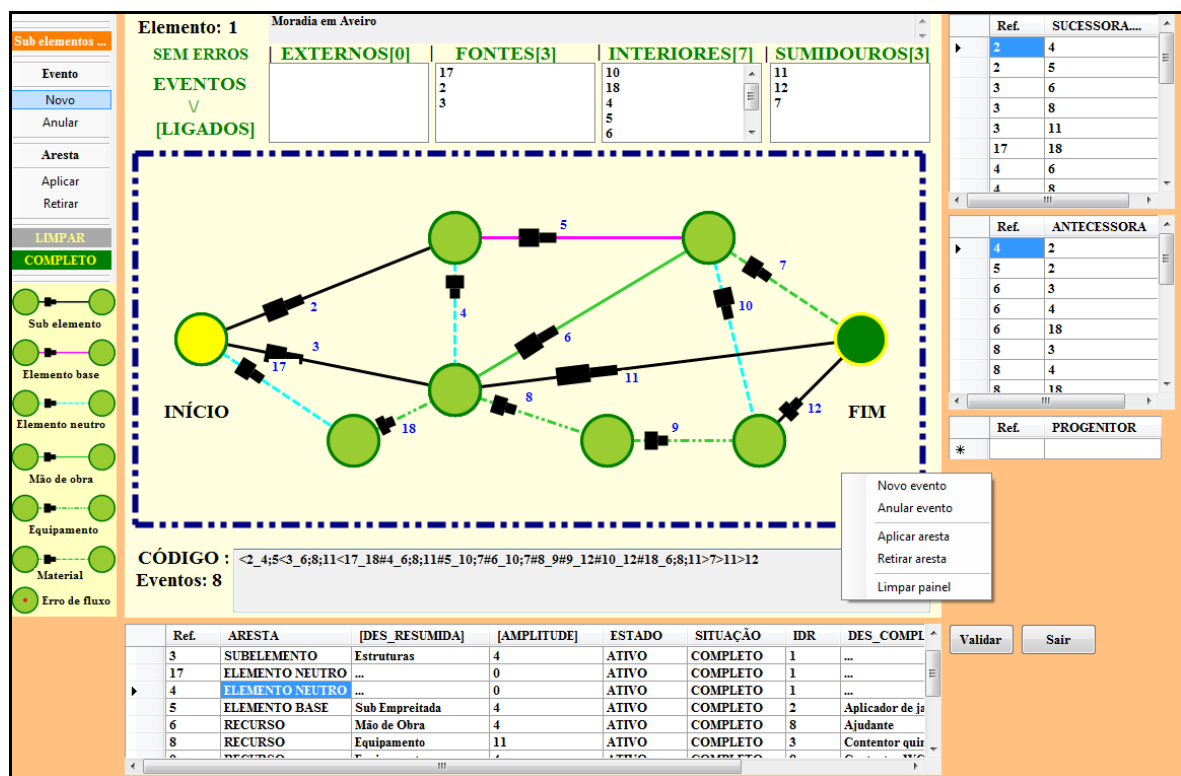


Figura 65 - Painel construtivo com capacidade iterativa

O módulo destinado à tipificação de elementos (de aplicar arestas), conforme Figura 66, é chamado aquando da criação de uma determinada aresta (subsistema), sendo o propósito de imputar um dos tipos de arestas ou restrições elementares (as primitivas, ou seja, os recursos elementares), ou subelemento (subsistemas incompletos), ou elemento neutro (conectores) ou um elemento-base (subsistemas invariantes).

APLICAR ARESTA

ELEMENTO SUPERIOR [1]

☐ SUBELEMENTO ☐ ELEMENTO BASE
☐ ELEMENTO NEUTRO ☒ RECURSO

Mão de Obra

DEFINIR PROFISSIONAL

CARGA 20 UP, Un. Produto
 x
 RENDIMENTO 10 Un. tempo / UP
 ||
 ALOCAÇÃO: 200 Un. tempo

ARESTA ATUAL 21

ID_RECURSO: 32

DESCRIÇÃO: Pintor

FRAGMENTO ATUAL []

Cancelar Validar

Recurso - Mão de Obra

ID MO: 32

CODIGO_AUX	PROFISSIONAL
a11a	Funileiro
a0116_pi	Informatico
a37a	Jardineiro_010
a17a	Ladrilhador
a02a	Montador andaime
a34a	Montador de elevadores
a0121	Montador de grua
a16a	Montador pladur
a0117	Pedreiro
a05a	Pedreiro
a19a	Pintor
a0119	Serralheiro

PROFISSIONAL: CODIGO AUX: a19a

Pintor

NOVO ALTERAR SALVAR ESCOLHER/SAIR

Figura 66 - Tipificação de elemento (aresta) a ser criado

VC.3 - Validar o holocódigo

A existência de um holocódigo válido para um dado subsistema, que se encontra em fase de ser completado ou transmutado, é conquistada pela sua própria validação, que é feita recursivamente pela verificação da não existência de erros anteriormente referidos e que é sincronizada com o desenvolvimento gráfico, que o operador vai processando. Em termos de programação, o seu módulo dedicado pressupõe uma constante aferição de erros, que intermeia pela existência ou não de um possível holocódigo. Isto é, se existir um holocódigo, então, ele é válido.

VC.4 – Converter o subsistema completo inato num subsistema incompleto

Quase sempre, os pensamentos vão-se moldando ao longo do tempo, assim como a realidade dos objetos que, num dado instante, vai sendo interpretada de modo diferente pelo indivíduo.

De forma a criar uma maior flexibilidade de modulação, foi também implementada, neste protótipo, uma rotina, capaz de estruturar a conversão de um subsistema completo (elementar, neutro, ou de um subsistema invariante) num subsistema incompleto. Este procedimento é concretizado por antecipação do processo de transmutação, requerido pelo operador, sendo este questionado por aquela hipótese de conversão, pelo aplicativo, conforme ilustrado na Figura 67.

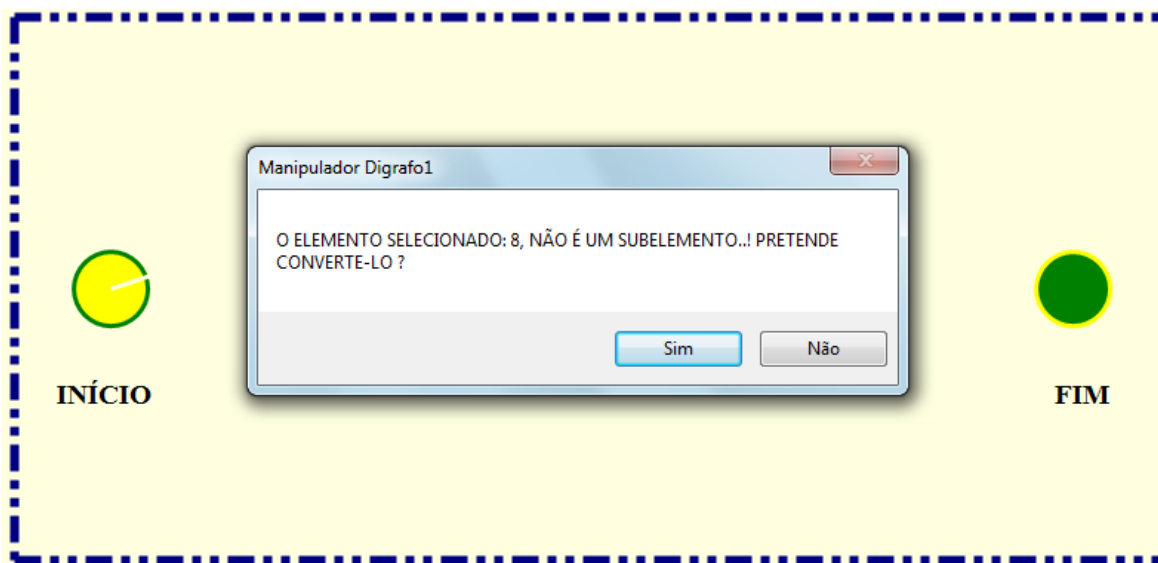


Figura 67 - Validação da hipótese de conversão

VC.5 - Editar e transmutar subsistemas

Nesta metodologia que se pretende implementar, os sistemas não têm uma estrutura dimensional, ou seja, a sua forma não existe, o que existe é uma amplitude processual (de pensamentos); a sua evolução sistémica não é um processo contínuo, mas sim mutante; a sua localização no espaço temporal é estabelecida por si mesmo, e o seu equilíbrio é mantido com maior ou menor energia para mutação ou criação de novos subsistemas. A mutação de qualquer subsistema não se verifica independentemente do todo. Desta forma, motivada por tal grande necessidade operatória, também fora implementada, no corrente protótipo, uma rotina de edição e transmutação de sistemas (digrafos), conforme ilustrado na Figura 68, na qual é permitida a intervenção em qualquer dos tipos de subsistemas.

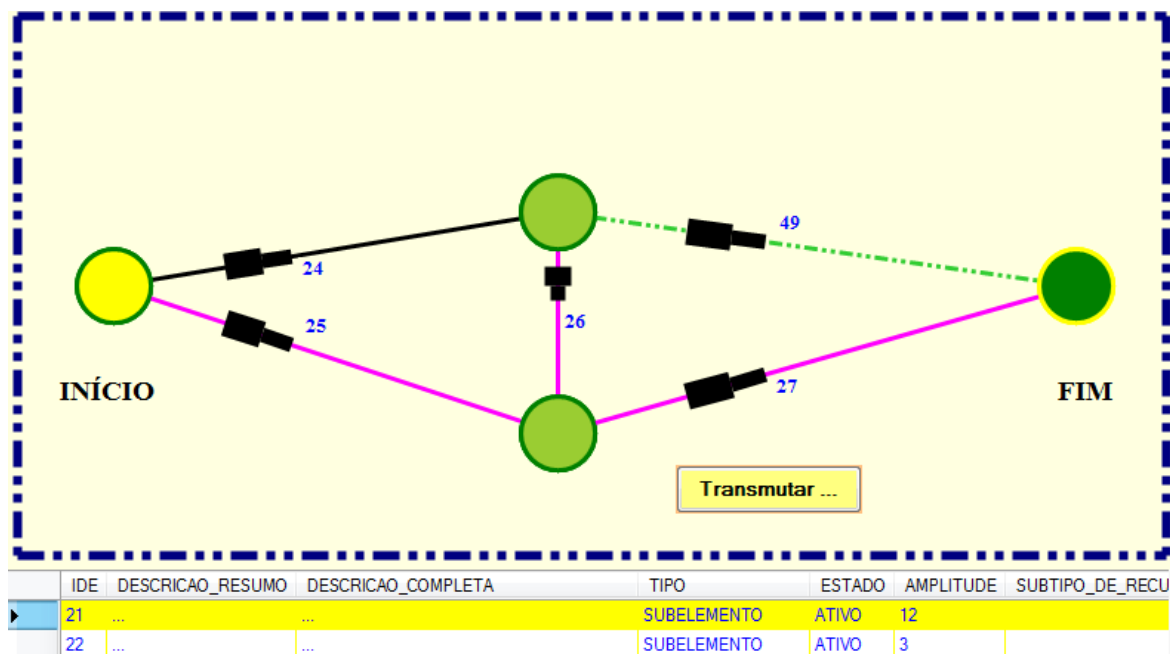


Figura 68 - Painel de seleção/edição para transmutação de subsistemas

VC.6 - Clonar subsistemas

É concretizável a clonagem de elementos (subsistemas), de modo a simplificar os procedimentos no decorrer do varrimento criador. No entanto, a programação deste aspeto não será objecto deste trabalho por indisponibilidade temporal. Todavia, ficam, desde já, realçados dois pontos relevantes para tal implementação:

- A criação de um sistema clone é mais do que replicar (copiar) um subsistema, é dar a possibilidade de um nível de abstração ainda maior. Um clone pode ser completo ou incompleto, isto é, pode ser possível o aproveitamento de uma pequena parte da lógica de um dado subsistema para, intencionalmente, ser aplicada noutra linha de governação.

- Alguns aspetos, em termos de programação:

- Criar a opção de criar clone na janela de tipificação do elemento a ser criado.
- Primeiro percorrer o sentido agregador, para que seja possível construir a ordenança holística. (definida à frente);
- Escolher o elemento (o seu IDE) a ser clonado;
- Reservar um novo IDE para o futuro registo do (elemento) sistema clone;

- Inserir a mesma estrutura do holocódigo ao clonado, criando/copiando novos elementos para todos os elementos, para todos os seus níveis inferiores (desconstrução pela ordenança / IDEP, replicar registros).

VA - Varrimento agregador

Os métodos científicos que a ciência atual aceita para a resolução dos problemas constituem os subsistemas já referenciados como elementares, que são necessários para que os subsistemas completos sejam criados. Poder-se-ia pensar que tais sistemas não passam de uma visão reducionista do todo e, que pela sua individual abordagem não resolvessem os problemas ditos complexos, mas não, eles são os mecanismos de processamento básicos, que constituem os subsistemas de base, necessários para que o todo coexista dinamicamente em si mesmo, e constitua, assim, uma forma integral de se manipular e de se entender o todo.

O chamamento recíproco à mudança do governante pelo sistema e do sistema pelo governante, que ocorre num determinado instante, verifica-se no imediato, posteriormente à mudança do estado de paz ou de inquietude de um determinado sistema. Consequentemente, irá desencadear eventualmente alguma ação do governante ou do sistema. Esse chamamento terá o seu foco num subsistema para o qual se verifica o primeiro conflito emergente e não propriamente no centro ou noutro ponto predefinido do todo. A identificação daquele registro poderá ser feita pela manipulação codificada, através do manuseamento do operador ou por via de algoritmos dedicados a esse fim, ainda a serem desenvolvidos com base na metodologia de manipulação aqui exposta.

VA.1 Conceitos

O segundo grande bloco implementado no algoritmo geral do EHP é o bloco do varrimento no sentido agregador (**VA**), no qual é intercalada a componente decisora do governante (**D**). Neste bloco, o operador poderá manipular os sistemas por via direta, pelo que será bastante importante que este operador tenha presente alguns conceitos subjacentes a esta nova metodologia. Nesse sentido, é feito genericamente o esclarecimento de alguns desses conceitos, que são a ação, o decidir, o condicionar, o ativar, o desativar, o conflito, a restrição, o impor, o compreender, a mentira, a falência, a loucura e a harmonia, que

ajudaram na compreensão daquele processo de manuseamento por parte do governante e assim potencializar a sua dominância.

A ação é manifestada pelo bloqueio temporal de um dado subsistema ativo ou desativo, bloqueio esse que constitui e é condição do todo. Esta condição de ação bloqueadora, quando exercida, é considerada como uma restrição exterior ao sistema global, em que algum subsistema ou governante a tomou como uma possível forma de uma decisão ativa.

O ato de decidir configura-se na ação dinâmica de bloquear a mudança do estado, de um dado subsistema, que esteja ativo ou desativo, sendo um processo de reflexão instantaneamente ponderado pelo todo.

Poderá ocorrer a desativação de um subsistema, pela vontade do governador, ou ocorrer num procedimento natural de fim de prazo existencial. Condicionar não é restringir, mas sim promover sem habilidade o projeto de conflito interno nos subsistemas. Se a propensão for de promover sistemas não completos, o condicional se identifica com o conflito. Se a propensão, for exclusivamente restritiva, o sistema simplesmente acata a condição em desequilíbrio, desajustando-se da lógica estruturada, cujo fruto observado não será certamente o subótimo pretendido.

O conflito é a não validação momentânea do sistema, em que este sofre uma forte perturbação, quebrando-se num dado instante a estrutura do todo, e que por mutação estrutural, se pode voltar a organizar, e o sistema pode ser novamente validado como um todo, ou provocar uma desestruturação progressiva, conduzindo o sistema à falência por uma restrição global, voltando, assim, a poder ser criado.

Os subsistemas, quando efetivamente necessários, não demoram, em geral, em aparecer, e podem ser ou não geradores de conflitos. Contudo, na eventualidade desses subsistemas gerarem conflitos, nesse nível de entendimento, implicará sempre uma impossibilidade do seu sistema progenitor se completar. Se os subsistemas emergentes não implicarem qualquer conflito para nenhuns dos outros subsistemas agregados e se a restrição básica do próprio sistema progenitor for levantada, estaremos em condições de validar o estado do sistema progenitor, designadamente, ativá-lo numa situação de completo. A partir deste momento, se algum dos subsistemas for transmudado, de tal forma que conflitue no nível do seu sistema progenitor, este passará para um estado desativo e/ ou

incompleto, assim como todos os restantes seus recorrentes progenitores, implicando a quase total destruição do todo, que voltará a ser uma restrição global de si próprio.

No que respeita ao conceito de restrição, este não é o mesmo que conflito, pois as restrições são subsistemas que operam na estrutura do todo, e o conflito é o bloqueio induzido por outros subsistemas a qualquer processamento focal, prejudicando o todo. Embora um dado sistema transmutado se possa processar em modo diminuído durante um curto prazo, a insistência do conflito irá provocar a propagação da perturbação em todo o sistema, o que tenderá a ser transformado numa restrição de base global. Impor é, portanto, fixar o espaço temporal para o processamento de um ou mais subsistemas, ou modificar os seus estados num determinado estado de suas evoluções.

Qualquer sistema só poderá constituir-se subsistema de outro, se, pelo menos, for completo, independentemente da sua situação de ativo ou não. Um recurso disponível é um subsistema completo, e um recurso em uso é um subsistema ativo. Cada recurso elementar se revê num sistema reducionista entendível pelo comum, desde que seja identificado pelo seu nome. Compreender é a visão que satisfaz o operador na apreciação global das consequências. Consequências é o fruto do estado que se verifica no sistema como um todo. O conhecimento é o reconhecimento do fruto observado nos registos dos subsistemas disciplinares em questão.

A informação, em termos pragmáticos, que é dada, por vezes, em contexto de gestão e controlo de obras, será, neste trabalho, designada como mentira, dado o grau de incerteza que configura normalmente este tipo de informação. Assim, no âmbito da metodologia aqui desenvolvida, a mentira será possível de ser criada com a consideração de uma cadeia de subsistemas ativos e completos, que seja vazia de recursos elementares. Pode-se considerar dois tipos de mentiras, a verdadeira, na qual, seu estado de incompletude não se vai mutar, sendo visível a não existência de qualquer subsistema elementar, aquando da necessidade de estes se exporem, e uma outra mentira, a falsa, que se constitui num dado subsistema, que foi efetivamente criado num vazio de subsistemas elementares, mas que, quando solicitados, estes manifestar-se-ão, pois, entretanto, em pelo menos num dos subsistemas periféricos, ocorreu alguma mutação que criou pelo menos uma restrição primária válida e foi reconfigurada num daqueles subsistemas elementares anteriormente inexistentes.

As mentiras são criadas pelo governante de modo a alimentar a cronologia do sistema e promover a sustentação do equilíbrio fictício do todo. Quando estas mentiras são falsas, o sistema auto se organiza sem gasto energético, criando a estabilidade inaptamente pretendida, mas, quando, tais mentiras se configuram como verdadeiras, nesse momento, entramos diretamente para um nível de perturbação elevado, do qual o sistema fica ameaçado, sendo o próprio sistema, tentado em si mesmo em se autoequilibrar, e não o conseguindo, o sistema manifestar-se-á num eminente colapso geral da sua raiz, conduzindo-o à falência. Neste sentido, a falência do sistema é a desestruturação limite provocada pelos conflitos ou pelo fim do prazo máximo admitido por ele próprio. O prolongamento da existência do todo passa pela criação de prolongamentos dos seus subsistemas, isto será possível pela conversão dos recursos elementares em novos subsistemas que configurem novas restrições de base, necessárias para se poder criar o prolongamento da estrutura desejada, pois, após a falência, o registo dos subsistemas ainda se mantém imutável. Portanto, os novos subsistemas terão por força desta circunstância uma diferente forma de registo.

A loucura é o estado de pré-falência do sistema, ou seja, é o conflito globalizado gerado pela mudança de estados de subsistemas de maior estruturação do todo. Antes da falência global do sistema, a loucura poderá ser eliminada, se forem identificados quais os subsistemas causadores da insistência desses conflitos, e nesse seguimento de identificação, transmutá-los ou criar novos subsistemas, que promovam novos fluxos governamentais, mesmo que tais subsistemas sejam mentiras. A identificação daqueles “maus” subsistemas passa pela vistoria integral da sua codificação, que em algum momento cria o conflito projetante.

Sendo a harmonia a condição inata da fluidez e da não necessidade intervir no sistema, para o qual não ocorrerá gastos energéticos na resolução dos conflitos de quaisquer subsistemas, pois tais conflitos são inexistentes. No caso de algum conflito já ter existido, e embora este tenha sido eliminado, o certo é que sua ressonância irá perdurar nos subsistemas a jusante, até que a memória deixe de ser tangível pelo observador, pelo que aquela inquietude do governante não deixará que a harmonia se restabeleça em seu pleno.

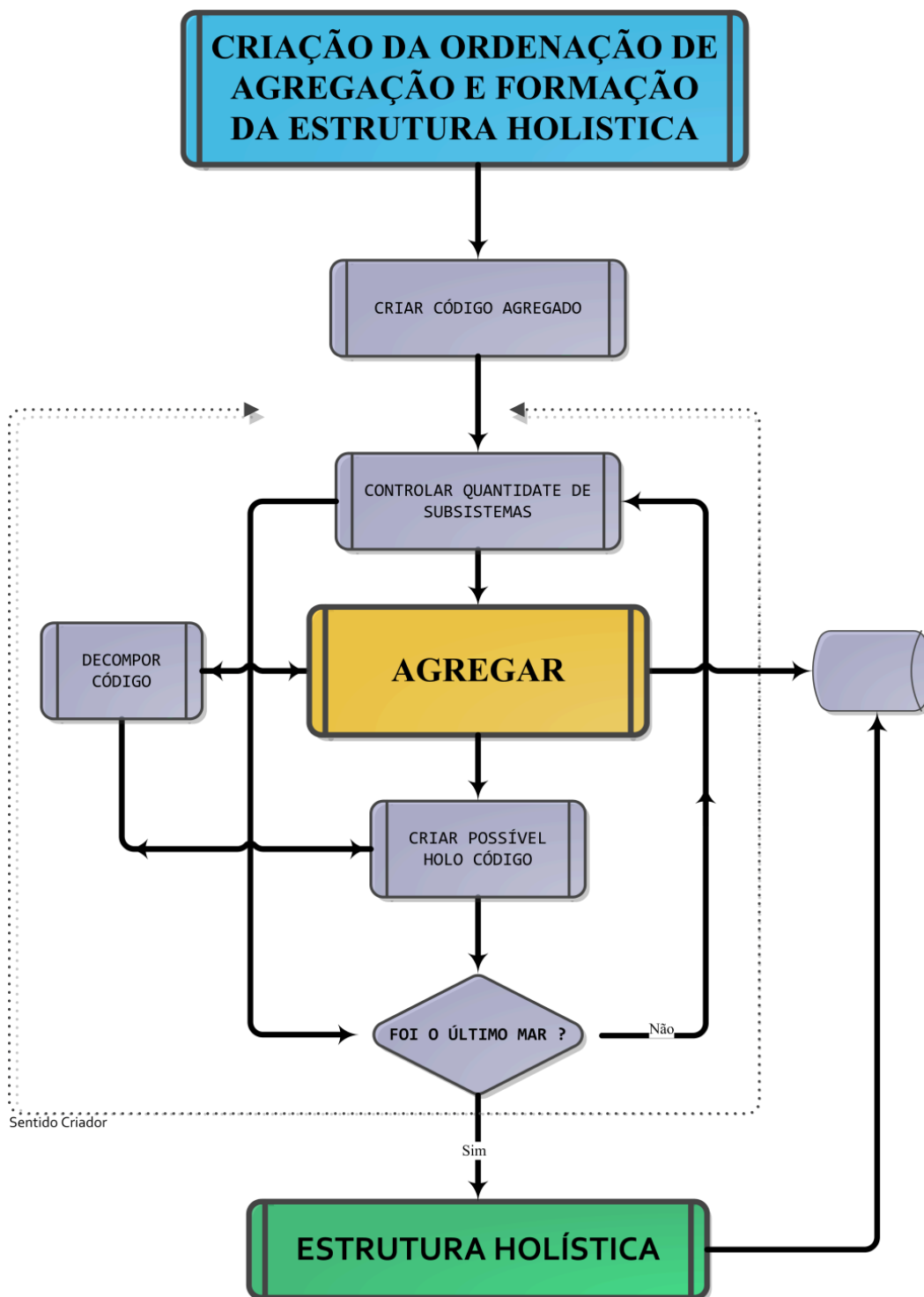
Entre outros conceitos, que poderiam ser aqui contextualizados, estes são suficientes para dar ao governante a abrangência dos atos em transmutar um determinado sistema. Compreender é a visão que satisfaz o operador na apreciação global das

consequências, assim sendo, o governante terá também a incumbência de medir as consequências de suas próprias ações.

VA.2 - Formação da estrutura holística

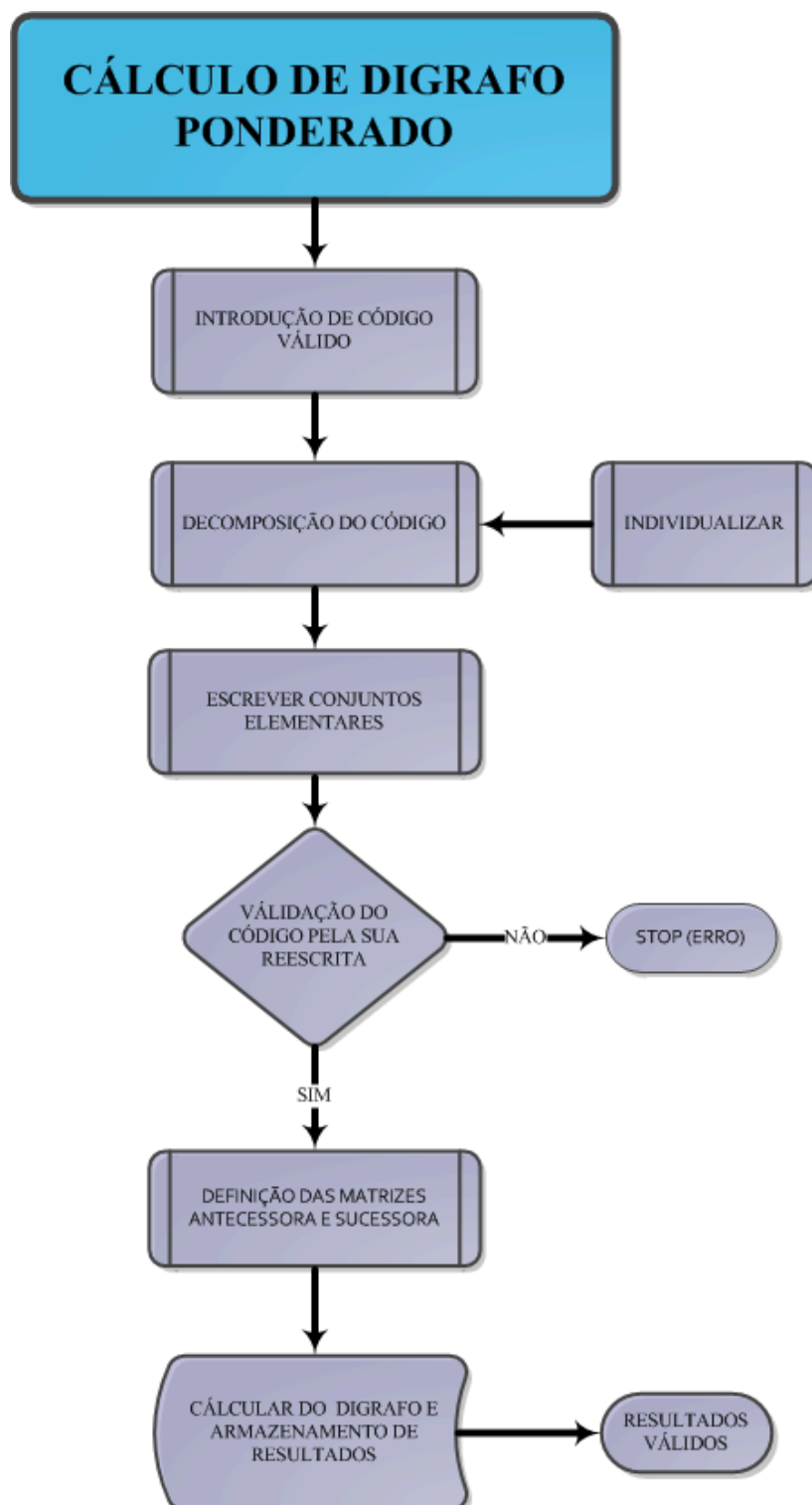
É no sentido agregador que se estabelece a estrutura holística do sistema global, através de um algoritmo dedicado e já implementado, estruturação demonstrada no Fluxograma 3. Nesse fluxograma, é feito o destaque de uma das suas rotinas, designada de “Agregar”. Esta rotina está associada a um outro módulo, denominado de “Criação da Ordenança de Agregação”, que tem a capacidade de gerar a ordenança, isto é, o fio condutor para o procedimento de agregação/ desagregação e para o procedimento de cálculo paramétrico, propriamente dito.

Para desvendar a lógica implementada nas rotinas acima referidas, serão também pautados os termos hidrológicos, já referidos na gênese do holocódigo, onde se observa que os sistemas e subsistemas serão rotulados de **Ribeiras, Rios e Mares**. A conceção do presente algoritmo teve por base a lógica da dinâmica da natureza. Assim, o conceito de subsistema corresponde aos termos ribeira e rio, tal como o de sistema corresponde ao termo mar, dado que as ribeiras se agregam (desaguam) aos rios e, por sua vez, os rios se agregam aos mares, logo, quando uma ribeira se agrega a um rio, este passa a ser um pseudo-mar e tornar-se-á um rio, quando se tenta agregar a outra qualquer ribeira. No momento em que não existem ribeiras criadas para se envolver em rios-quase-mares, os rios assumem o papel de ribeiras, e os mares agregam como se de rios se tratassem. Quando estas últimas ribeiras estiverem todas consumidas, o último rio é o Mar.



Fluxograma 3 - Formação da estrutura holística

É também neste procedimento de criação recursivo que é solicitada a execução do cálculo para os digrafos já ponderados, denominados também por redes. No Fluxograma 4, é explicitada a maneira de se processar o respetivo cálculo por via da leitura de um holocódigo de um dado elemento.



Fluxograma 4 - Processamento do cálculo por via da leitura de um holocódigo

A execução do cálculo paramétrico de um dado digrafo, por via da leitura do seu holocódigo, é conseguida por várias rotinas dedicadas, nas quais se destacam quatro blocos distintos, cujos excertos de programação são de seguida apresentados.

O primeiro excerto relevante é o destinado à verificação da sintaxe do holocódigo e à sua validação, através da reconstrução do digrafo corrente, o qual é constituído pelo código programado aqui representado:

```
##### Reconstrução do Digrafo G_saida #####
ELEMENTOAUX = ""
GSAIDA = ""
If NE > 0 Then
  For R = 0 To NE - 1
    ELEMENTOAUX = EXTERNO(R)
    GSAIDA += SBE + ELEMENTOAUX
  Next
End If
'*****
If NF > 0 Then
  For R = 0 To NF - 1
    ELEMENTOAUX = FONTE(R)
    NAUX = 0
    For Q = 0 To NP - 1
      If ELEMENTOAUX = RAIZ(Q) Then
        NAUX = 1
        GSAIDA += SBF + PRECEDENCIA(Q)
        Exit For
      End If
    Next
    If NAUX = 0 Then
      GSAIDA += SBF + ELEMENTOAUX
    End If
  Next
End If
'*****
If NI > 0 Then
  For R = 0 To NI - 1
    ELEMENTOAUX = INTERIOR(R)
    NAUX = 0
    For Q = 0 To NP - 1
      If ELEMENTOAUX = RAIZ(Q) Then
        NAUX = 1
        GSAIDA += SBI + PRECEDENCIA(Q)
        Exit For
      End If
    Next
    If NAUX = 0 Then
      GSAIDA += SBI + ELEMENTOAUX
    End If
  Next
End If
'*****
If NS > 0 Then
  For R = 0 To NS - 1
    ELEMENTOAUX = SUMIDOURO(R)
    GSAIDA += SBS + ELEMENTOAUX
  Next
End If
```

O segundo excerto relevante é o destinado à construção das matrizes estruturais, designadamente, a matriz sucessora e a matriz antecessora, por leitura direta do holocódigo, o qual é constituído pelo código programado aqui representado,

```

' CONSTRUIR A MATRIZ SUCESSORAS POR LEITURA
SUSMAXLEITURA = 1
For A = 1 To CONTADORARESTAS
    SUSAux = 0
    For P = 1 To CONTADORARESTAS
        If ARESTAS(A, 2) = ARESTAS(P, 1) Then
            SUSAux += 1
            SUCESSORASPORLEITURA(A, SUSAux) = P
            DataGridView3.Rows.Add(NOMEARESTAS(A), NOMEARESTAS(SUCESSORASPORLEITURA(A, SUSAux)))
        End If
    Next
    If SUSAux > SUSMAXLEITURA Then
        SUSMAXLEITURA = SUSAux
    End If
Next
'-----
' CONSTRUIR A MATRIZ ANTECESSORAS POR LEITURA
ANTMAXLEITURA = 1
For A = 1 To CONTADORARESTAS
    ANTAUX = 0
    For P = 1 To CONTADORARESTAS
        If ARESTAS(A, 1) = ARESTAS(P, 2) Then
            ANTAUX += 1
            ANTECESSORASPORLEITURA(A, ANTAUX) = P
            DataGridView4.Rows.Add(NOMEARESTAS(A), NOMEARESTAS(ANTECESSORASPORLEITURA(A, ANTAUX)))
        End If
    Next
    If ANTAUX > ANTMAXLEITURA Then
        ANTMAXLEITURA = ANTAUX
    End If
Next

```

Tendo-se também programado, por questões de validação, a definição da matriz das antecessoras através dos elementos de precedência, conforme o excerto seguinte,

```

' *** CALCULAR AS ATECESSORAS ATRAVÉS DAS PRECEDENCIAS (ELEMENTO RAIZ E PRECEDENTES) ***
'=====
'PRECEDENCIA --> RAIS() ----> PRECEDENTES()
'***** --> RAMO() ----> ANTECESSORA()
' Só os elementos Interiores e Sumidouros é que são Ramos
'=====
CONJUNTOANTECESSORAS = ""
NAUX4 = -1
SBCORENTE = SBA
For I = 0 To NI - 1
    NAUX4 += 1
    ANTECESSORAS(NAUX4) = ""
    RAMO(NAUX4) = INTERIOR(I)
    ' ===== PARA CADA ELEMENTO RAIZ, INDIVIDUALIZAR OS SEUS PRECEDENTES =====
    For P = 0 To NP - 1
        Call INDIVIDUALIZAR(PRECEDENTES(P), SBCORENTE, ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS, NINDIVIDOS)
        'MessageBox.Show("..NUMERO TOTAL DE ELEMENTOS INDIVIDUALIZADOS :" & NINDIVIDOS)
        For R = 0 To NINDIVIDOS - 1
            'MessageBox.Show(ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS(R), "...ELEMENTO INDIVIDUALIZADO" & R)
            If ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS(R) = RAMO(NAUX4) Then
                ANTECESSORAS(NAUX4) = ANTECESSORAS(NAUX4) + RAIZ(P) + SBA
            End If
        Next
    Next
    ANTECESSORAS(NAUX4) = Mid(ANTECESSORAS(NAUX4), 1, Len(ANTECESSORAS(NAUX4)) - 1)
    ' MessageBox.Show(ANTECESSORAS(NAUX4), "...ANTECESSORAS..." & " do RAMO ..." & RAMO(NAUX4))
Next
' =====
For S = 0 To NS - 1
    NAUX4 += 1
    ANTECESSORAS(NAUX4) = ""
    RAMO(NAUX4) = SUMIDOURO(S)
    For P = 0 To NP - 1
        Call INDIVIDUALIZAR(PRECEDENTES(P), SBCORENTE, ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS, NINDIVIDOS)
        'MessageBox.Show("..NUMERO TOTAL DE ELEMENTOS INDIVIDUALIZADOS :" & NINDIVIDOS)
        For R = 0 To NINDIVIDOS - 1
            'MessageBox.Show(ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS(R), "...ELEMENTO INDIVIDUALIZADO" & R)
            If ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS(R) = RAMO(NAUX4) Then
                ANTECESSORAS(NAUX4) = ANTECESSORAS(NAUX4) + RAIZ(P) + SBA
            End If
        Next
    Next
    ANTECESSORAS(NAUX4) = Mid(ANTECESSORAS(NAUX4), 1, Len(ANTECESSORAS(NAUX4)) - 1)
    'MessageBox.Show(ANTECESSORAS(NAUX4), "...ANTECESSORAS..." & " do RAMO ..." & RAMO(NAUX4))
Next
NA = NAUX4 + 1

```

Seguindo-se a devida validação intercalar da definição da matriz sucessora, desta vez, definida por via numérica, cujo excerto também é a aqui apresentado,

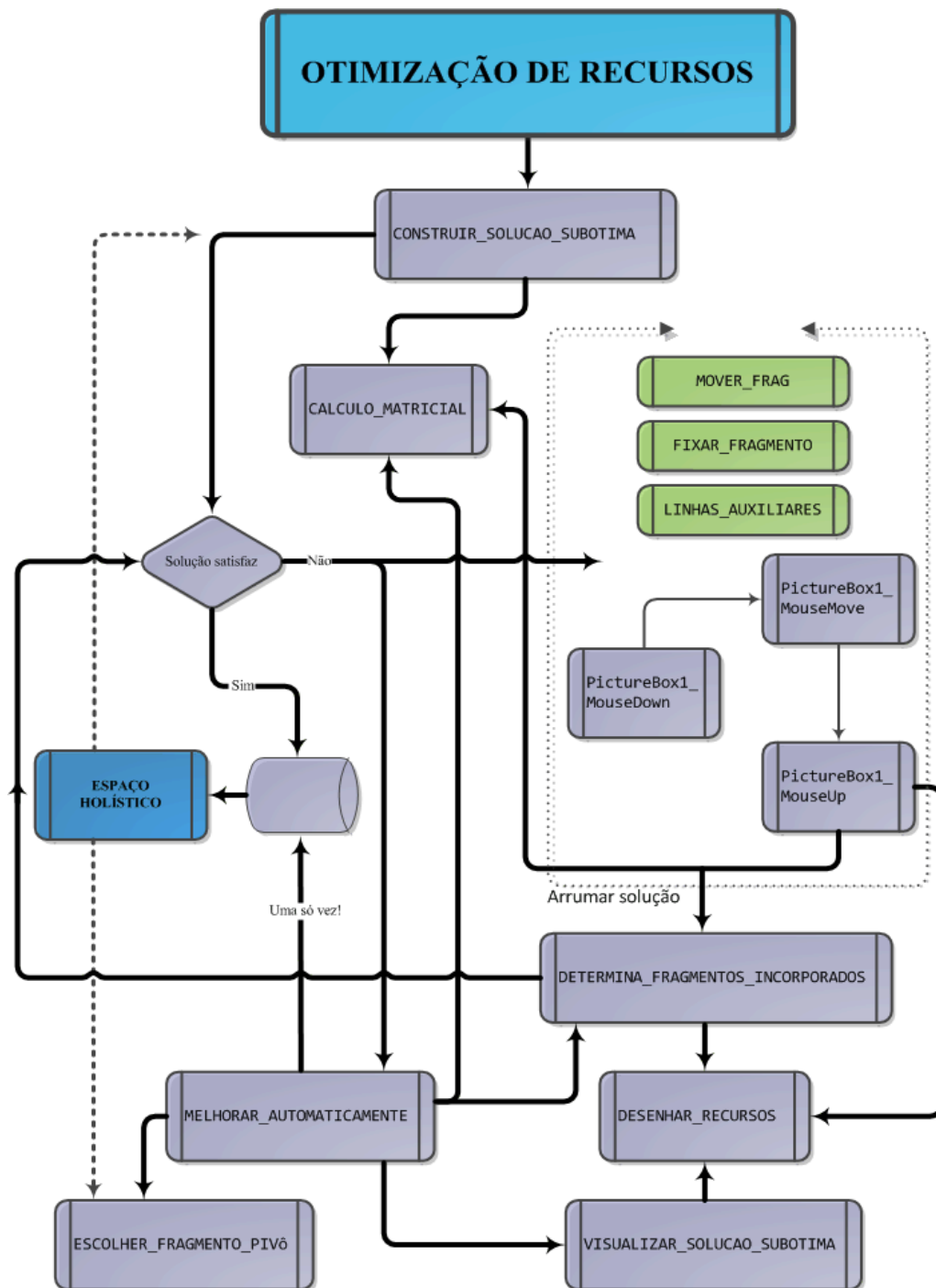
```
' ##### DEFINIÇÃO DA MATRIZSUCESSORAS, VIA NUMÉRICA / MATRIZANTECESSORA #####
For TTT = 1 To NTOTAL
    For TT = 1 To 100
        MATRIZSUCESSORAS(TTT, TT) = 0
    Next
Next
U = 0
V = 0
For S = 1 To NTOTAL
    T = 0
    For I = 1 To NTOTAL
        For J = 1 To MANT
            If S <> MATRIZANTECESSORA(I, J) Then
                GoTo 100
            End If
            T = T + 1
            MATRIZSUCESSORAS(S, T) = I
            V = T
            'Volta
        Next
    Next
    If V > U Then
        U = V
    End If
Next
100:
```

cujo conteúdo também é necessário para o desenvolvimento da preparação de dados, que se são imperativos para o cálculo matricial, apresentando-se, assim, o terceiro excerto que se considera relevante.

```
'##### PREPARAÇÃO DE DADOS PARA O CALCULO MATRICIAL #####
'##### DETERMINAÇÃO DA MATRIZANTECESSORA (NTOTAL+1 x MANT+1), VIA SETRING #####

' Renumeração dos NTOTAL elementos, com início 1.
For TR = 1 To NTOTAL
    ELEMENTOSC(TR) = ELEMENTOS(TR - 1)
Next
'Detreminação de MANT
MANT = 0
SBCORENTE = SBA
For C = 0 To NA - 1
    Call INDIVIDUALIZAR(ANTECESSORAS(C), SBCORENTE, ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS, NINDIVIDOS)
    If NINDIVIDOS > MANT Then
        MANT = NINDIVIDOS
    End If
Next
' MessageBox.Show(MANT, "...NÚMERO MÁXIMO DE ANTECESSORAS POR ELEMENTO")
ReDim MATRIZANTECESSORA(NTOTAL + 1, MANT + 1)
' Inicialização MATRIZANTECESSORA
For lim1 = 1 To NTOTAL
    For lim2 = 1 To MANT
        MATRIZANTECESSORA(lim1, lim2) = 0
    Next
Next
'#####
' PREENCHIMENTO DA MATRIZANTECESSORA (NTOTAL x MANT) SEM APONTADORES ZEROS
For AE = 1 To NTOTAL
    CONTADORELEMENTOS = 0
    For LR = 0 To NA - 1
        If ELEMENTOSC(AE) = RAMO(LR) Then
            NAUX7 = AE
            NAUX8 = LR
            Call INDIVIDUALIZAR(ANTECESSORAS(NAUX8), SBCORENTE, ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS, NINDIVIDOS)
            For ENC = 0 To NINDIVIDOS - 1
                For DEF = 1 To NTOTAL
                    If ELEMENTOSINDIVIDUALIZADOS(ENC) = ELEMENTOSC(DEF) Then
                        CONTADORELEMENTOS += 1
                        MATRIZANTECESSORA(NAUX7, CONTADORELEMENTOS) = DEF
                    End If
                Next
            Next
        End If
    Next
    Exit For
End If
Next
Next
```

No fluxograma 5, é configurado um procedimento para otimização de recursos, que tem dois modos de funcionamento, um interno, sem parte gráfica, no qual a velocidade de processamento é mais considerada, e um outro mais iterativo, de forma a ser possível detalhar e controlar todo o processo.



No sentido de se obter uma perspectiva global da funcionalidade daquele procedimento, será efetuada a sua explicação com base num exemplo prático.

Para cada recurso utilizado pelo sistema, este devolve **N_fragments** temporais, de uso desse recurso, (no presente exemplo, temos o recurso “**Servente**”), em que, para cada fragmento **Fn**, este é balizado por uma caixa temporal mais abrangente, conforme ilustrado na Figura 69. Para cada fragmento pode existir uma certa flexibilidade para a fixação das suas datas de início e de fim, implicando o respetivo uso (gozo) dessa parte fragmental do recurso em questão. Fixação essa que constitui o nosso objetivo último para a criação da definição nominativa dos **N_Recursos** (Servente: Carlos, Pedro, João, Alberto, entre outros).

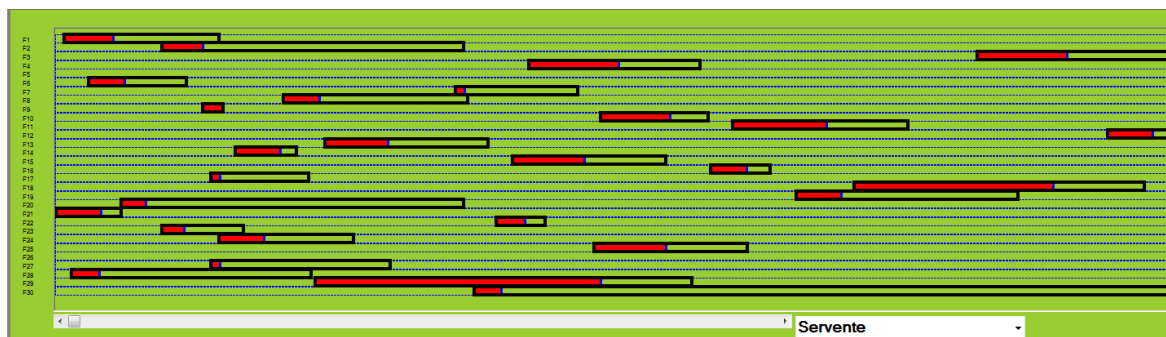


Figura 69 - Caixas temporais para cada fragmento temporal

Numa primeira abordagem, tentou-se que o sistema procurasse por si e de forma exhaustiva uma solução **ótima**, contudo, dado o número elevado de cenários possíveis, embora finitos (estes são da ordem das dezenas de milhares), declinou-se dessa permissão, pois levaria a um tempo de pesquisa computacional algo elevado. Optando-se por outro procedimento, constituído por três etapas, que, de seguida, são descritas.

- A)** Numa primeira etapa, procurou-se testar aleatoriamente um “considerável” número de possibilidades combinadas para o posicionamento dos **Fn** fragmentos, guardando-se a melhor solução encontrada, através da maximização de um indicador*, intitulada aqui, por solução **subótima**. Perante a capacidade computacional disponível, poder-se-à optar por controlar o tempo a ser gasto (ex:10 s) na pesquisa, ou definir-se um número razoável de pesquisas (ex:100), por cada busca otimizada a levar a efeito. Neste seguimento, é possível visualizar, na Figura 70, a área posicional que o sistema percorreu no procedimento, ajudando a formação da ideia da cobertura levada a efeito.

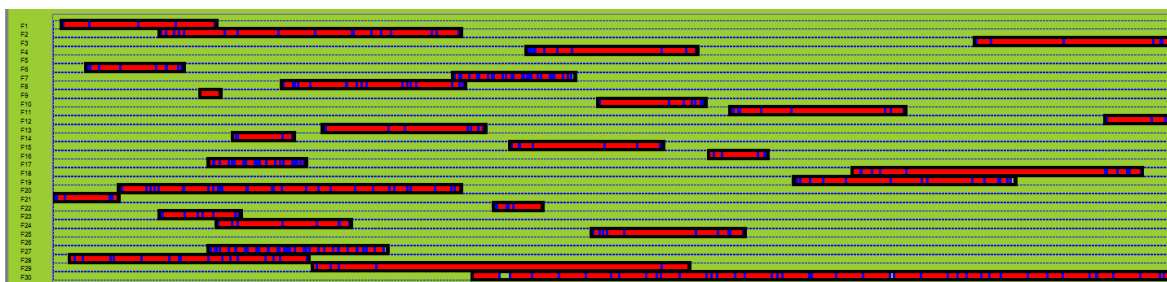


Figura 70 - Área posicional de busca

- B) No fim desta primeira etapa, é possível visualizar uma solução “**subótima**” encontrada pelo sistema, conforme ilustrado na Figura 71, onde se verifica serem necessários **quatro** serventes. Sendo ainda exequível proceder a uma arrumação mais cuidada por parte do operador, pois são soluções subótimas que podem, por vezes, ser um pouco melhoradas à mão, configurando-se, portanto, este procedimento manual numa segunda etapa do processo de otimização pretendida.

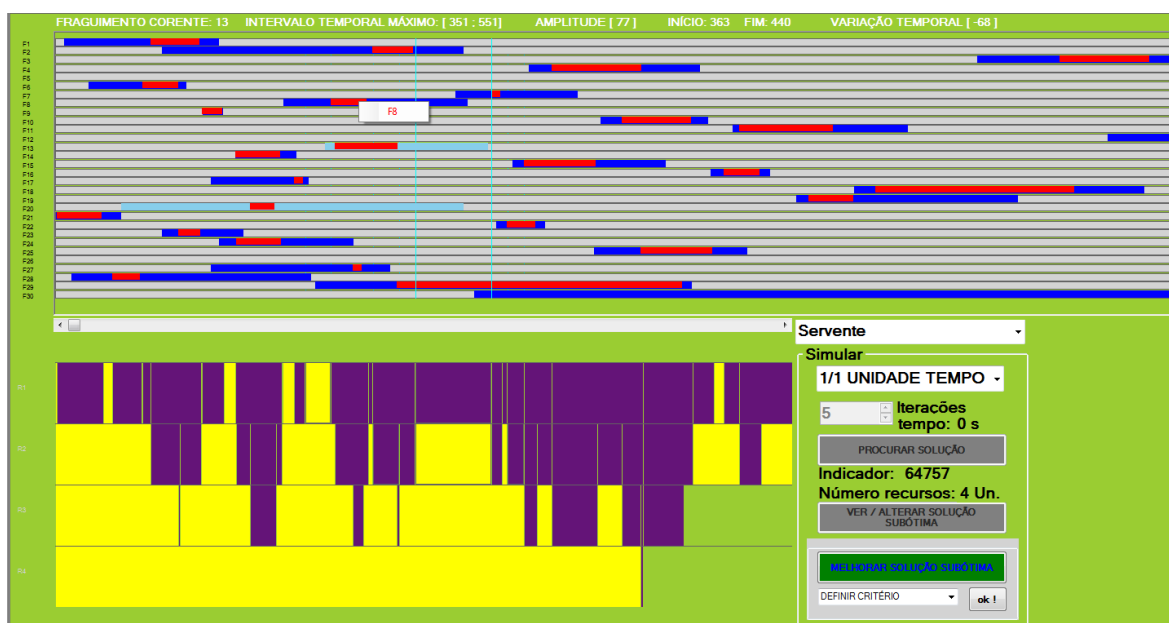


Figura 71 - Solução “subótima”

- C) Também foi configurada no sistema a possibilidade de ajustamento automático para um melhor ajustamento pretendido, seguindo-se critérios de vizinhança ordenados por prioridade de ajustamentos de cima para baixo, conforme esquematizados na Figura 99, embora não se possa dar garantias de que a solução encontrada seja a **ótima**. Pode-se, sim, afirmar que é uma **solução subótima bastante melhorada**, quase ótima, conforme ilustração feita na Figura 72, verificando-se, agora, que são necessários apenas **três** serventes, com uma fita de serviço (de recurso) mais compactada.

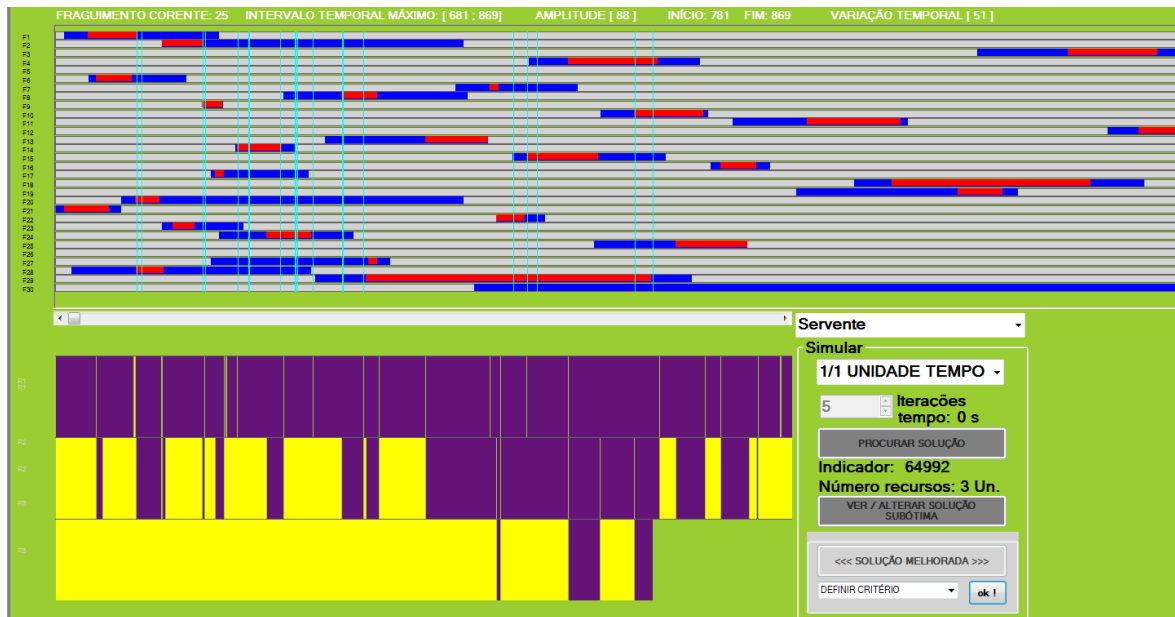


Figura 72 - Solução subótima melhorada

Também aqui são apresentados dois excertos de programação. O primeiro que se segue demonstra como é determinado quais os fragmentos temporais que são incorporados em cada recurso (nrec),

```

For X = 1 To NDELTA
    For U = 1 To NUMFRAG
        'PRECHIMENTO PARA COLUMA X
        MATRIZFRAGARRANJOS(U, X) = 0
        If X >= VETORPOS(U, 0) And X <= VETORPOS(U, 0) + (Int(MATRIZFRAG(U, 3) / DELTAX) + 1) Then
            MATRIZFRAGARRANJOS(U, X) = U
        End If
    Next U
Next X

' VERIFICAÇÃO DA MATRIZFRAGARRANJOS
'-----
'For X = 1 To NDELTA
'    For Y = 1 To NUMFRAG
'        MsgBox.Show(MATRIZFRAGARRANJOS(Y, X), " DELTAX... " & X & " -- DO RECURSO... " & Y & "
MATRIZFRAGARRANJOS")
'    Next Y
'Next X

' É NECESSÁRIO TIRAR O ZEROS...
'-----
ReDim MATRIZRECURSOS(NREC + 1, NDELTA + 1)

CONFIRMANREC = 0

For X = 1 To NDELTA
    V = 0
    For U = 1 To NUMFRAG
        If MATRIZFRAGARRANJOS(U, X) > 0 Then
            V += 1
            MATRIZRECURSOS(V, X) = MATRIZFRAGARRANJOS(U, X)
        End If
    Next U
    If V > CONFIRMANREC Then
        CONFIRMANREC = V
    End If
Next X

'CONFIRMAÇÃO DO NREC
'-----
NREC = CONFIRMANREC

```

o segundo excerto elucida a forma encontrada para identificar os fragmentos pelos (nrec) recursos.

```

ReDim FITARECURSO(NREC + 1, NUMFRAG * NUMFRAG, 4) ' SERÁ POSSIVEL POUPAR MEMÓRIA
Dim MATRIZRECURSOSAUX(NREC + 1, NDELTA + 1) As Integer
' CARREGA A MATRIZRECURSOSAUX
For X = 1 To NDELTA
    For U = 1 To NREC
        MATRIZRECURSOSAUX(U, X) = MATRIZRECURSOS(U, X)
    Next
Next
For U = 1 To NREC
    V = 0
    COMP = 1
    NREGISTROS = 0
    NOMERECURSO = MATRIZRECURSOS(U, 1)
3000: If V < NDELTA Then 'SEM OU COM (=), FICO SEM
        V += 1

        If MATRIZRECURSOS(U, V + 1) = NOMERECURSO Then
            COMP += 1
            CONTINUIDADE = True
            GoTo 3000
        Else
            NREGISTROS += 1
            FITARECURSO(U, NREGISTROS, 1) = NOMERECURSO
            FITARECURSO(U, NREGISTROS, 2) = (V) - (COMP - 1) ' never
            FITARECURSO(U, NREGISTROS, 3) = COMP
            NOMERECURSO = MATRIZRECURSOS(U, V + 1)
            COMP = 0
            GoTo 3000
        End If
    End If
End If
FITARECURSO(U, 0, 0) = NREGISTROS
Next

```

Não querendo exaustar por demais os leitores com excertos de código programado, apresenta-se os critérios de vizinhança adotados no melhoramento da solução subótima. Critérios esses, que estão esquematizados de forma ordenada na Figura 73.

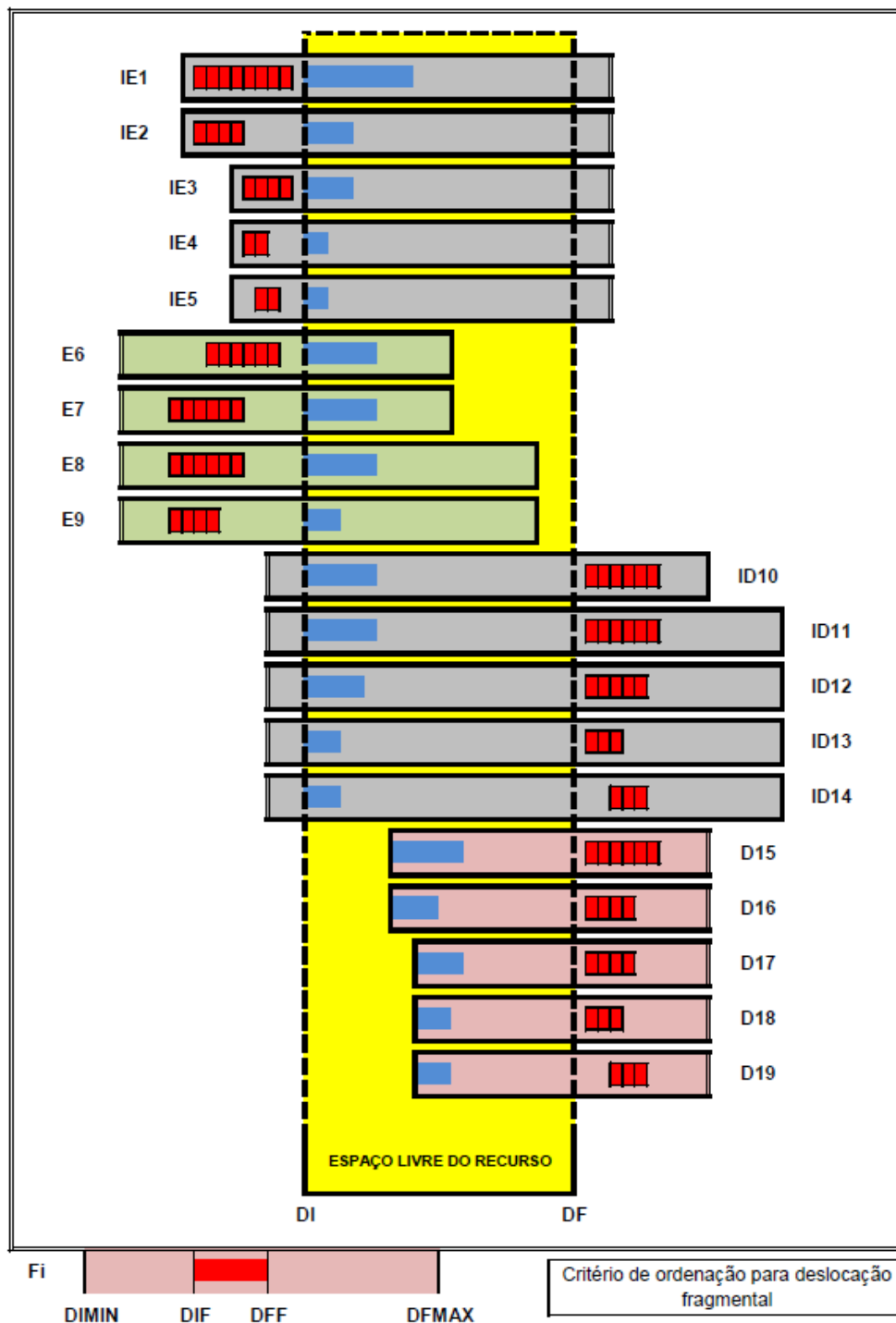


Figura 73 - Ordenação dos critérios de vizinhança adotados no melhoramento da solução subótima

DP - Dados paramétricos

O tempo e o custo são considerados na área do planeamento e da gestão de projetos, sendo estes os principais parâmetros na tomada de decisão, pois eles formam um dueto complexo de difícil dissociação, pois, geralmente, a ponderação de um pode implicar no erro do outro

e vice-versa. Contudo, é o tempo, o parâmetro governativo, cujo enfoque deve ser maior, visto que este é participante em todos os outros parâmetros da governação e também pelo facto de não existir maneira de o armazenar.

DP.1 - A Fita de recursos

Conforme relatado em VA.3, é no espaço dos recursos, que, para cada restrição primitiva (tipo de recurso), é intentada a sua otimização através da consideração de determinados critérios. Estes procedimentos proporcionam, sem dúvida, resultados para a alocação temporal de cada fragmento de uso ou de consumo de um determinado recurso-alvo, considerando-se razoáveis para uma aplicação prática, que é um dos objetivos deste trabalho.

Este valioso tipo de resultado é guardado numa Fita de recursos, (*array*), conforme exemplo (recurso pintores) ilustrado na Figura 74, na qual o objetivo futuro é o de identificar para cada necessidade nominativa, ($nrec=4$), todos os registos manifestados, ($nregistros$), como necessários, guardando as suas datas de início (posição inicial) e as suas amplitudes (comprimento), sendo respetivamente: $FITA(nrec, 0, 0) = nregistros$; $FITA(nrec, nregistros, 1) \Rightarrow$ registo do fragmento; $FITA(nrec, nregistros, 2) \Rightarrow$ posição inicial; $FITA(nrec, nregistros, 3) \Rightarrow$ comprimento.

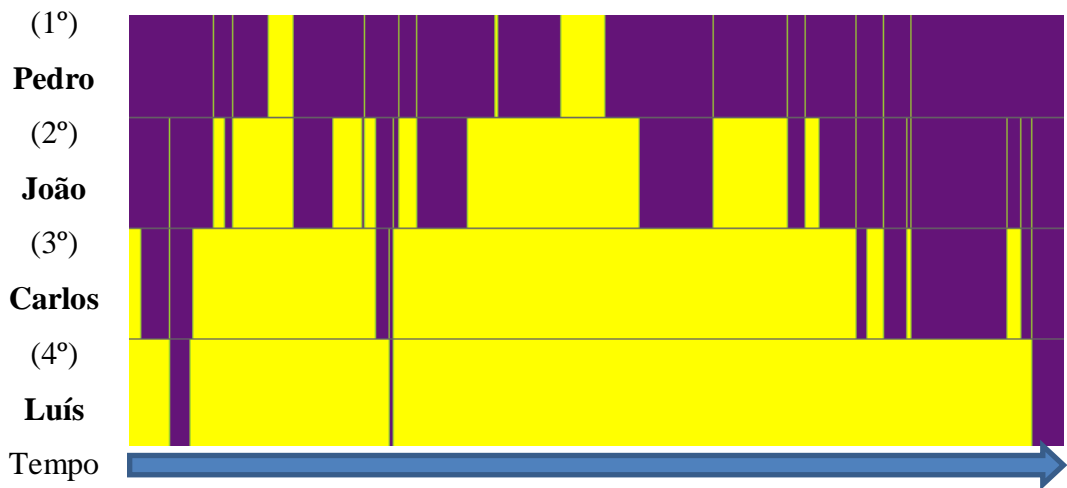


Figura 74 - Resultado guardado numa fita de recursos

O resultado gráfico aqui apresentado demonstra a necessidade de quatro pintores, ordenados da seguinte forma: em primeiro, o Pedro, em segundo, o João, em terceiro, o Carlos e, em quarto, o Luís. Verifica-se também que sendo o Pedro o primeiro, ele terá o seu tempo (cor escura), praticamente todo ocupado, com exceção de três intervalos livres

(cor clara), ou melhor, dois, pois o intervalo intermédio é desprezível. Na medida em que vamos descendo na ordenação de preferência, cada um daqueles pintores terá mais tempo livre, e no limite se prevê a não necessidade de um quinto pintor.

Nas frações temporais em que os recursos ficam livres, estas são alocadas em modo inverso ao da própria ordenação. O algoritmo implementado para tratamento deste problema, configura-se bastante adequado, pois, para além de garantir a ordenação (construção) dos recursos, dá sustentabilidade à inexistência de qualquer incongruência elementar entre os fragmentos temporais dos recursos nominativos. Assim, este traduz-se pela necessária condição, ou seja, se, para um determinado recurso nominativo, que ocupa na lista uma determinada posição, este ao ter um dado bloco temporal livre, é dada a garantia de que esse bloco inevitavelmente existe nos indivíduos ordenados inferiormente na respetiva lista, e que seu comprimento é maior ou igual ao bloco base.

Posteriormente, num procedimento global de convergência, de simples programação, para todos os subsistemas registados, é possível fixar as datas de início e determinar as suas verdadeiras amplitudes, através de uma retroalimentação recursiva e integrada de todos os registos vinculados nos respetivos fragmentos (subsistemas elementares, E_k). E assim, em todos os subsistemas, dissipar qualquer desperdício temporal e consequente eliminação da folga intrínseca (exemplo entre os subsistemas A e B) apresentada no capítulo 4, e que agora é relembrada pela Figura 75.

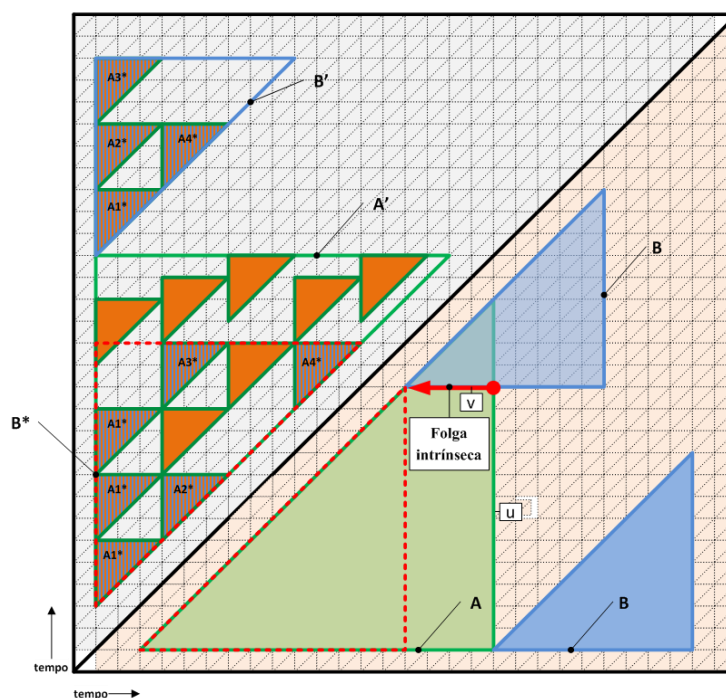


Figura 75 - Folga intrínseca

DH - Manipulação do sistema através do diagrama holístico

Com objetivo de que esta metodologia tenha uma verdadeira utilidade para a indústria, em particular para a construção civil, um dos objetivos do referido aplicativo foi que este comportasse uma ferramenta para o simples manuseio da complexidade do sistema. Por isso, foi criado o **diagrama holístico do planeamento**, representado na Figura 76, que é um diagrama dinâmico, no qual interagem todos os elementos/sistemas e participantes do projeto, e que é usado para ilustrar a disposição temporal de cada elemento/sistema, que assume o papel alternadamente de recurso ou produto de um dado processo.

O intervalo de tempo balizador de cada elemento holónico é representado por triângulos homotéticos coloridos, dispostos sobre uma base homotética triangular em relação aos seus elementos de referência. Para cada elemento triangular isósceles, o comprimento dos seus catetos, representa a variável tempo, e o seu posicionamento relativo é definido pelas datas de início e fim do processo, sendo ainda que o seu posicionamento é também balizado por um corredor condicional, imposto pela criticidade relativa de cada elemento que concorre no processo progenitor.

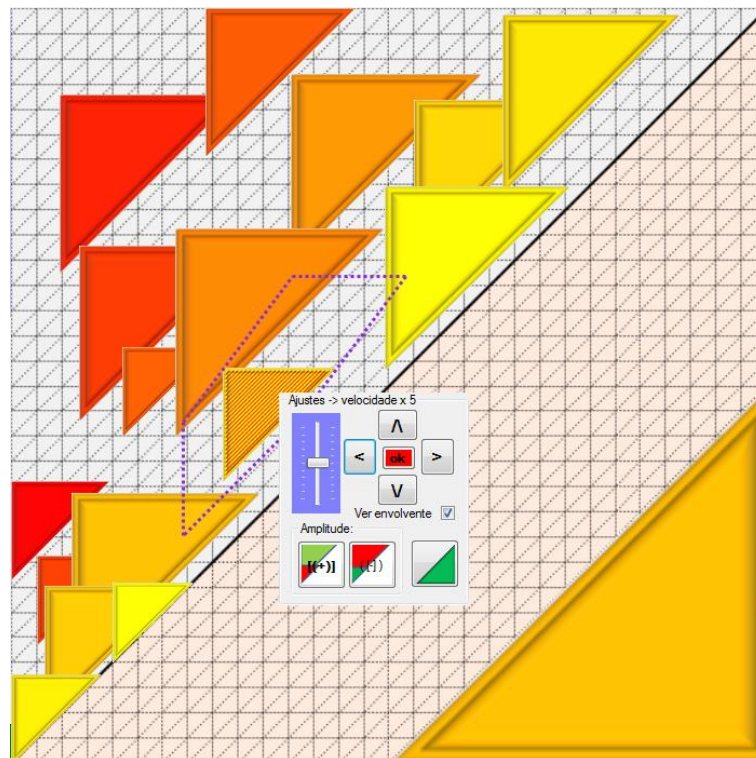


Figura 76 - Diagrama holístico do planeamento e explicitação de uma envolvente crítica

BD - Composição da base de dados

Neste seguimento de integração paramétrica, o mesmo tipo de algoritmo é processado para se obter os custos e outros parâmetros requeridos pelo governante, bastando para isso, que estes sejam elencados no cadastro dos elementos elementares, também designados de primitivas.

A implantação do aplicativo foi substanciada numa base de dados, construída em Access, por ser de simples leitura em ambiente do Visual Basic, sendo constituída por várias tabelas, entre as quais as mais relevantes são ilustradas na Figura 77, destacando-se a dos elementos em digrafos; as listas das variáveis primitivas, nomeadamente, a dos profissionais, equipamentos, material e das subempreitadas e as respectivas tabelas dos recursos nominativos, que se configuram nas designadas restrições primitivas, cujas relações estão também evidenciadas.

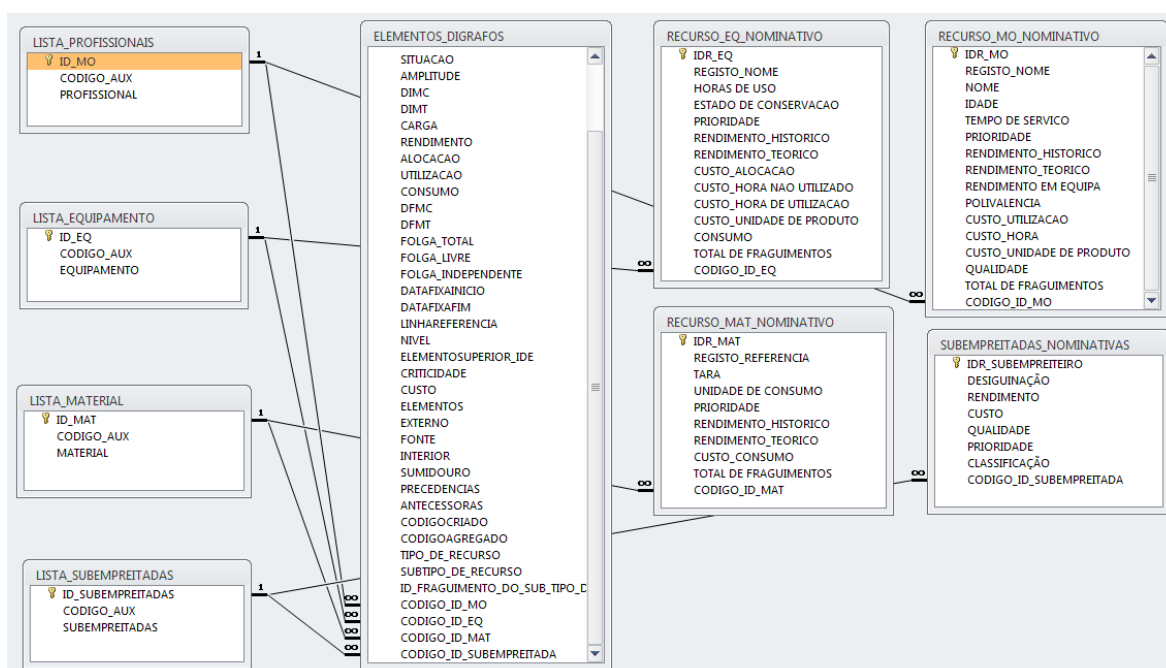


Figura 77 - Relações das restrições primitivas

Capítulo 6: Validação da metodologia EHP

Neste capítulo, é feita a validação da nova metodologia EHP, por via experimental, recorrendo à comparação de resultados obtidos, quer pela utilização do aplicativo EHP, descrito no capítulo anterior, quer pela resolução manual de exemplos práticos ou pela utilização de ferramentas computacionais de uso reducionista, nomeadamente, pelo uso do consagrado aplicativo MS Project.

Neste seguimento, serão três os exemplos que serão retratados: **Exemplo base redutor** – Holístico invariante, o **Exemplo 1** – Holístico de diminuta dimensão e complexidade e o **Exemplo 2** - Holístico genérico.

6.1 – Exemplo base redutor

Tendo presente a construção da rede temporal, Tabela 4, apresentada no ponto 5.1.4, que agora é substanciada na Tabela 10, e o seu cálculo manual, cujo valor obtido para a amplitude global mínima calculada foi de 70 unidades de tempo, são neste ponto, apresentados os resultados obtidos analogamente no seu cálculo, utilizando o MS Project e o aplicativo EHP.

Tabela 10: Exemplo base redutor, holístico invariante

Referência/Atividades	Duração	Antecessoras	Sucessoras
A2	5	----	A3; A4; A5
A3	10	A2	A8;A9
A4	10	A2	A6
A5	5	A2	A7
A6	15	A4	A7
A7	10	A6; A5; A8	A11
A8	2	A3	A7
A9	4	A3	A10; A12 [A13]
A10	5	A9	A11
A11	10	A7; A10	A13
A12	0	A9	A13
A13	20	A12 [A9]; A11	----

Na Figura 78, para além da explicitação da amplitude mínima global de 70 unidades de tempo é também evidenciado as datas DMC e DMT, de cada evento (Método Americano), possibilitando assim a imediata obtenção dos parâmetros temporais associados a cada atividade (DIMC, DIMT, DFMC, DFMT, FT e FL), conforme definições explanadas no capítulo 3.

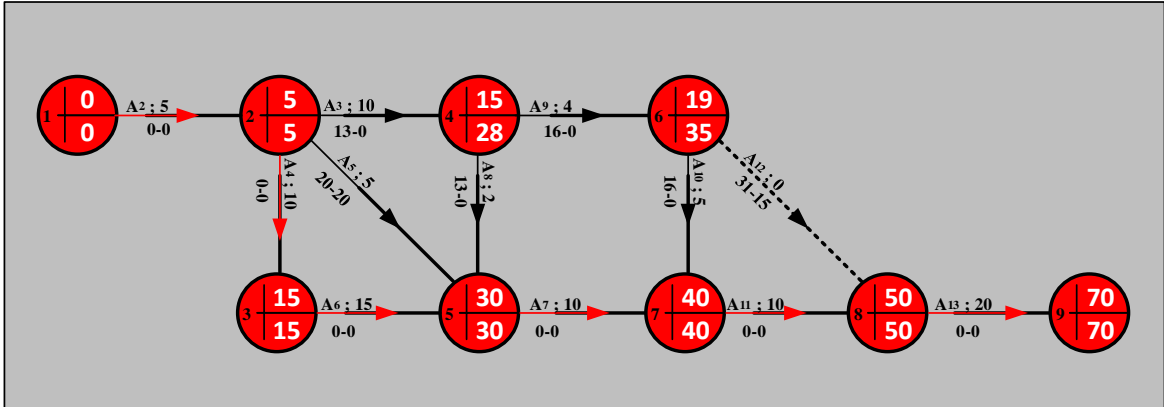


Figura 78 - Cálculo manual do exemplo base

Seguiu-se a utilização do aplicativo MS Project, pelo qual a entrada de dados se fez pelo diagrama de Gantt, Figura 79, ou em alternativa poderá ser efetuada pelo diagrama de rede permitido por aquele aplicativo (método francês), pela qual se firmaram as respectivas dependências entres as atividades.

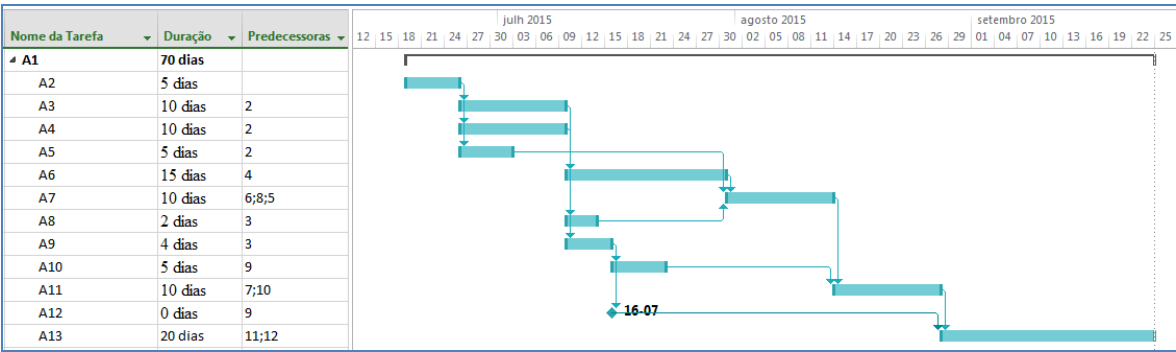


Figura 79 - Introdução de dados via gráfica pelo diagrama de Gantt para o exemplo base no MS Project

Cujos resultados, conforme se constata na Tabela 11, foram os mesmos realizados pelo do cálculo manual, dando assim já nesta fase alguma validação ao funcionamento do aplicativo EHP.

Tabela 11: Parâmetros temporais do exemplo base executado no MS Project

Nome da Tarefa	Duração	Margem Total	Margem Livre	Margem de Início	Margem de Conclusão
A1	70 dias	0 dias	0 dias	0 dias	0 dias
A2	5 dias	0 dias	0 dias	0 dias	0 dias
A3	10 dias	13 dias	0 dias	13 dias	13 dias
A4	10 dias	0 dias	0 dias	0 dias	0 dias
A5	5 dias	20 dias	20 dias	20 dias	20 dias
A6	15 dias	0 dias	0 dias	0 dias	0 dias
A7	10 dias	0 dias	0 dias	0 dias	0 dias
A8	2 dias	13 dias	13 dias	13 dias	13 dias
A9	4 dias	16 dias	0 dias	16 dias	16 dias
A10	5 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias
A11	10 dias	0 dias	0 dias	0 dias	0 dias
A12	0 dias	31 dias	31 dias	31 dias	31 dias
A13	20 dias	0 dias	0 dias	0 dias	0 dias

Seguindo-se o propósito de validar a metodologia EHP, que embora não constituindo uma abordagem reducionista, também se exige que dê resposta cabal aos problemas mais redutores, nesse sentido, identificou-se o exemplo em curso como um holístico invariante, do qual se estabeleceu pelos dados reportados na Tabela 10. Seguiu-se, a entrada de dados pelo painel introdutório do EHP, Figura 80, considerando-se cada atividade, como de um subelemento/subsistema invariante se tratasse.

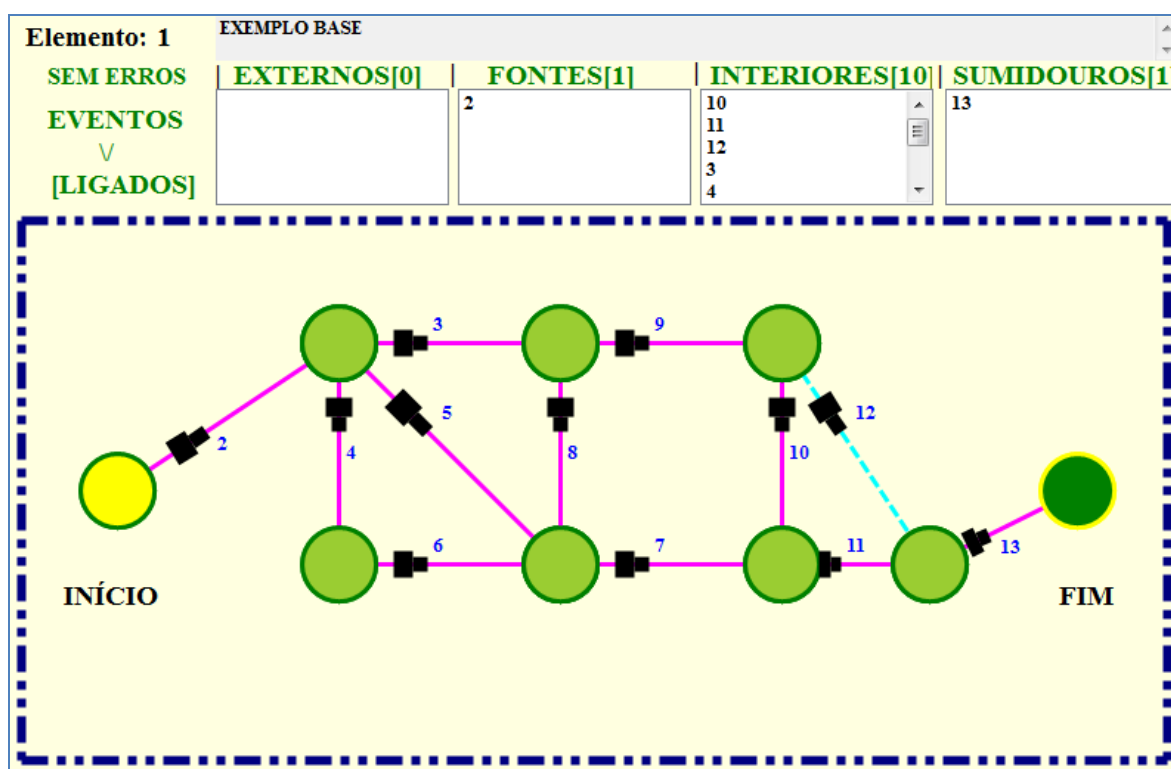


Figura 80 - Introdução gráfica de dados do exemplo base no EHP

Os processamentos necessários para os respectivos cálculos são também efetivados instantaneamente a quando da validação da integridade do sistema, neste caso redutor, isto é, quando o aplicativo EHP reconhece que existe um holocódigo válido para o subelemento raiz.

Estes resultados poderão ser assim escamoteados de forma gráfica no painel representativo da respectiva rede, Figura 81, ou no fim de um fictício processo de agregação, Tabela 10, que neste caso não existe, pois estamos perante um redutor problema de gestão de projetos no qual as amplitudes são impostas à partida, ou não são governadas pelo sistema.

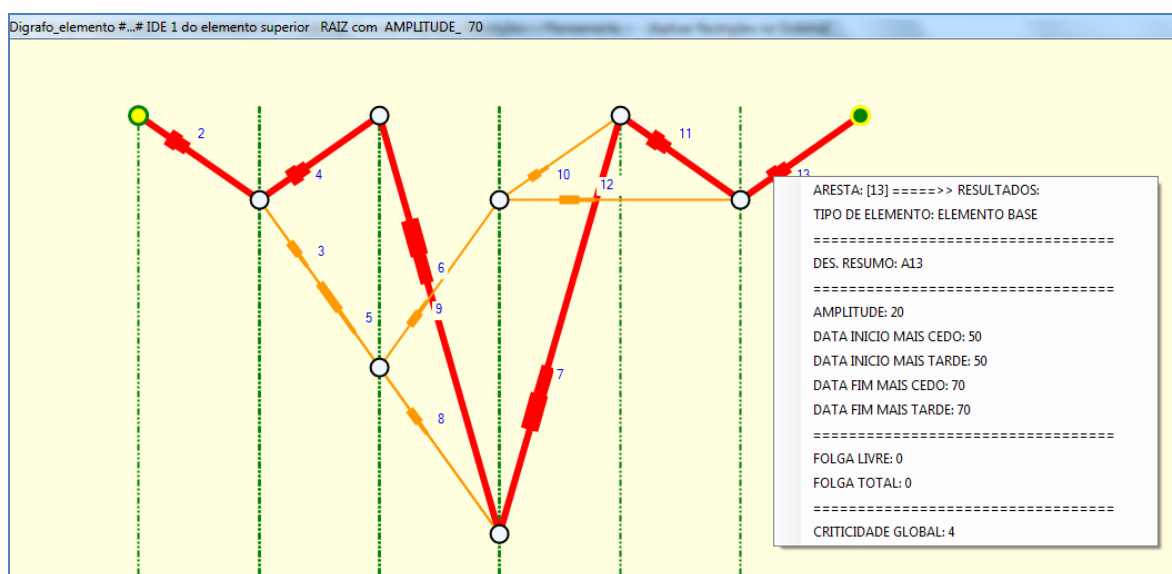


Figura 81 - Exemplo base, cálculo da rede de fluxo máximo, via aplicativo EHP

Conforme é apresentado na Tabela 12, os resultados obtidos pela utilização do EHP para os parâmetros temporais do exemplo base são iguais aos obtidos, quer por via do cálculo manual, quer por via da instrumentação por parte do aplicativo MS Project. Dando-se, assim, cobro ao pretendido primeiro passo para a validação da metodologia EHP versos o aplicativo EHP.

Verificando-se a eficiência da metodologia EHP, mesmo quando se trata de um problema de carisma redutor, constituindo-se para estes tipos de problemas, meramente os casos particulares da abordagem por esta nova metodologia, que também se demonstra adequada.

Tabela 12: Parâmetros temporais obtidos pelo aplicativo EHP

SUBELEMENTOS	DIMC	DIMT	DFMC	DFMT	DURACÃO	FOLGA TOTAL	FOLGA LIVRE	FOLGA INDEP.
2	0	0	5	5	5	0	0	0
3	5	18	15	28	10	13	0	0
4	5	5	15	15	10	0	0	0
5	5	25	10	30	5	20	20	20
6	15	15	30	30	15	0	0	0
7	30	30	40	40	10	0	0	0
8	15	28	17	30	2	13	13	0
9	15	31	19	35	4	16	0	0
10	19	35	24	40	5	16	16	0
11	40	40	50	50	10	0	0	0
12	19	50	19	50	0	31	31	15
13	50	50	70	70	20	0	0	0

Por fim, é apresentado ainda para este exemplo-base, o diagrama de controle executado no MS Project, Figura 82, e também de forma análoga, o diagrama de controle executado no EHP, Figura 83, no qual é apenas evidenciado as atividades críticas.

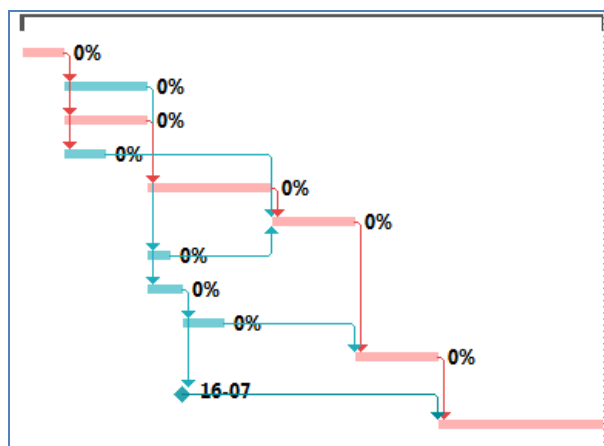


Figura 82 - Diagrama de controle do exemplo base executado no MS Project

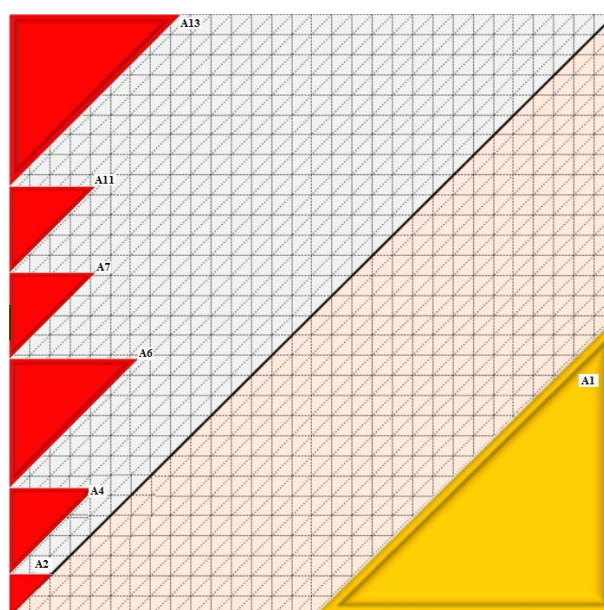


Figura 83 - Diagrama holístico de controle do exemplo base executado no EHP

6.2 – Exemplo 1 (Holístico)

Retomemos agora, o exemplo da construção e o respectivo cálculo manual da holística temporal apresentada no ponto 4.3.2.2, que é substanciada pelos fragmentos temporais $E_{k,i}$, constantes da Tabela 13, que aqui se reconfigura como estrutura de dados do Exemplo 1 – Holístico, de diminuta dimensão e complexidade.

Tabela 13: Valores das amplitudes dos fragmentos temporais $E_{k,i}$ do Exemplo 1

	E2,1	E2,2	E2,3	E2,4	E2,5	E2,6	E2,7	E2,8	E2,9	E2,10
$E_{k,1}$		5;10		14	7	2	5	20	5;20	
$E_{k,2}$		6	5		12	4	5	10	15;2;1	15
$E_{k,3}$	1	5	10	22			20;5	18;45	10;5	
$E_{k,4}$					15	2	10	10	4;10	10
$E_{k,5}$										
$E_{k,6}$	80	10			40	2	20	22	5;10;10	2

$E_{1,1}$										
$E_{1,2}$										
$E_{1,3}$										
$E_{1,4}$										

Após exaustivo processo de integração manual, resultou, conforme Figura 84, uma rede global de base $E_{k,i}$, cujo correspondente cálculo manual para todas as amplitudes de seus subsistemas, estão evidenciados na Tabela 14, assim como a sua amplitude global mínima, que foi estabelecida em 192 unidades de tempo.

Tabela 14: Valores obtidos para as amplitudes dos subelementos do Exemplo 1

	E2,1	E2,2	E2,3	E2,4	E2,5	E2,6	E2,7	E2,8	E2,9	E2,10
$E_{k,1}$		5;10		14	7	2	5	20	5;20	
$E_{k,2}$		6	5		12	4	5	10	15;2;1	15
$E_{k,3}$	1	5	10	22			20;5	18;45	10;5	
$E_{k,4}$					15	2	10	10	4;10	10
$E_{k,5}$										
$E_{k,6}$	80	10			40	2	20	22	5;10;10	2

$E_{1,1}$			15	36	67			77		25
$E_{1,2}$		26				6	40			
$E_{1,3}$	81								70	
$E_{1,4}$		26*	15*							

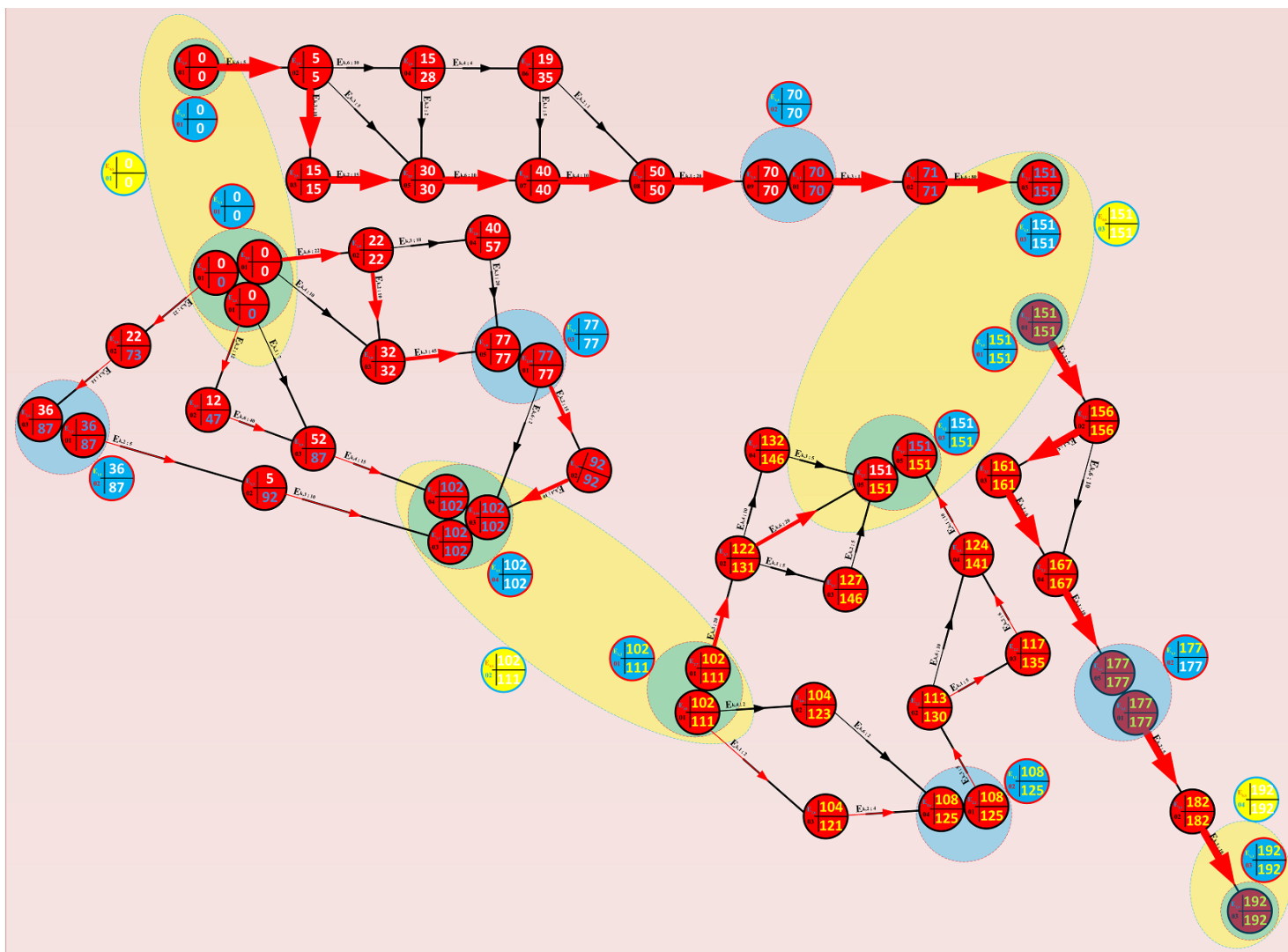


Figura 84 - Rede global na base Ek,i do exemplo 1, após agregação final com cálculo

Pois bem, chegados até aqui, a construção daquela estrutura holística e seu respectivo cálculo foi realizado pelo aplicativo EHP, tendo-se obtido exatamente os mesmos resultados que foram obtidos manualmente, cuja prova, remetemos para a Tabela 15, que é apresentada nas páginas seguintes. Apresentamos ainda, na Figura 85, a construção da rede calculada em Po, com base nos fragmentos temporais Ek,i. Embora de difícil comparação, esta rede é exatamente correspondente à representada na Figura 84, em que o leitor, para estabelecer uma efetiva correspondência, deverá fazer corresponder com base na Tabela 15, para cada fragmento Ek,i o seu correspondente IDE de registro.

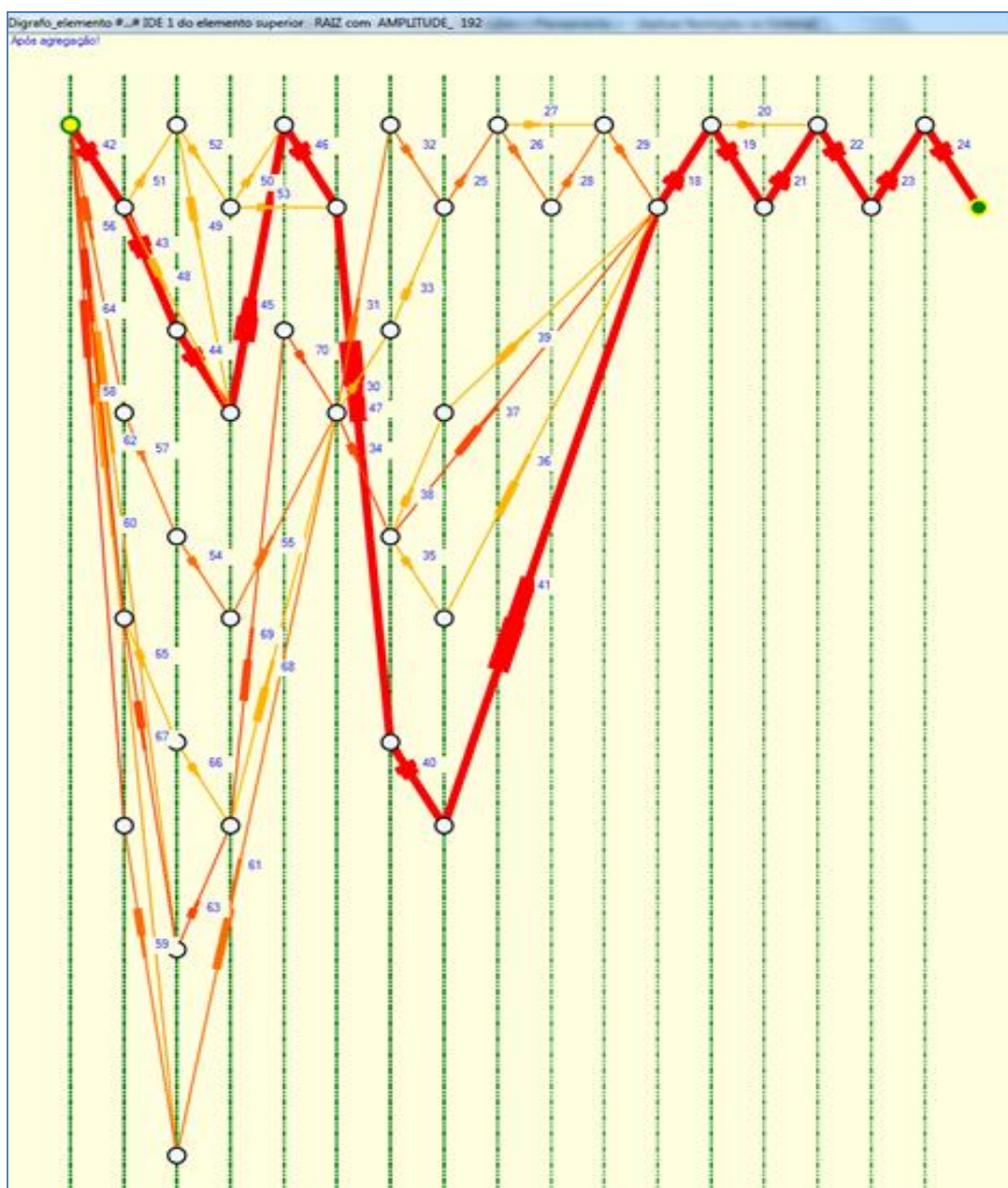


Figura 85 - Exemplo 1, rede calculada em Po com base nos fragmentos temporais Ek,i

Tabela 15: Resultados, exemplo 1 obtidos pelo aplicativo EHP

DES. RES.	IDE	AMPL	DIMC	DIMT	DFMC	DFMT	FOLGA_TOTAL	FOLGA_LIVRE	CÓDIGO CRIADO	CÓDIGO AGREGADO
Projeto - Exemplo 1	1	192	0	0	0	0	0	0	<2_3<4_5#3_5>5	<58_59<60_61<62_63<64_65;67<56_57<42_43;48;51#59_61#65_66#67_63#63_68;69#66_68;69#57_54#69_70#54_55#61_34;30;31#70_34;30;31#68_34;30;31#55_34;30;31#43_44#44_45#45_46#46_47#48_45#49_45#50_46#51_49;52#52_50;53#53_47#47_40#40_41#41_18#34_35;37;38#30_33#31_32#35_36#38_39#32_25#33_25#25_26;27#26_28#27_29#28_29#36_18#37_18#39_18#29_18#18_19;20#19_21#20_22#21_22#22_23#23_24>24
E1,1	2	102	0	9	102	111	9	0	^15<13_14<16_17>14>17	<58_59<60_61<62_63<64_65;67<56_57#59_61#65_66#67_63#63_68;69#66_68;69#57_54#69_70#54_55>61>70>68>55
E1,2	3	40	102	111	142	151	9	9	^8<9_10>10	<34_35;37;38<30_33<31_32#35_36#38_39#32_25#33_25#25_26;27#26_28#27_29#28_29>36>37>39>29

Tabela 15: Resultados, exemplo 1 obtidos pelo aplicativo EHP (continuação...)

DES. RES.	IDE	AMPL	DIMC	DIMT	DFMC	DFMT	FOLGA_TOTAL	FOLGA_LIVRE	CÓDIGO CRIADO	CÓDIGO AGREGADO
E1,3	4	151	0	0	151	151	0	0	<11_12>12	<42_43;48;51#43_44#44_45#45_46#46_47#48_45#49_45#50_46#51_49;52#52_50;53#53_47#47_40#40_41>41
E1,4	5	41	151	151	192	192	0	0	<6_7>7	<18_19;20#19_21#20_22#21_22#22_23#23_24>24
E2,1	12	81	70	70	151	151	0	0	<40_41>41	<40_41>41
E2,10	14	25	77	77	102	102	0	0	^68<69_70>70	^68<69_70>70
E2,2	10	26	6	14	32	40	8	8	<25_26;27#26_28#27_29#28_29#28_29>29	<25_26;27#26_28#27_29#28_29>29
E2,2 Clone	6	26	0	0	26	26	0	0	<18_19;20#19_21#20_22#21_22#21_22>22	<18_19;20#19_21#20_22#21_22>22
E2,3	17	15	36	87	51	102	51	51	<54_55>55	<54_55>55
E2,3 C	7	15	26	26	41	41	0	0	<23_24>24	<23_24>24
E2,4	16	36	0	51	36	87	51	0	<56_57>57	<56_57>57
E2,5	15	67	0	35	67	102	35	35	<58_59<60_61#59_61>61	<58_59<60_61#59_61>61

Tabela 15: Resultados, exemplo 1 obtidos pelo aplicativo EHP (continuação...)

DES. RES.	IDE	AMPL	DIMC	DIMT	DFMC	DFMT	FOLGA_TOTAL	FOLGA_LIVRE	CÓDIGO CRIADO	CÓDIGO AGREGADO
E2,6	9	6	0	8	6	14	8	0	<30_33<31_32>32>33	<30_33<31_32>32>33
E2,7	8	40	0	0	40	40	0	0	<34_35;37;38#35_36#38_39>36>37>39	<34_35;37;38#35_36#38_39>36>37>39
E2,8	13	77	0	0	77	77	0	0	<62_63<64_65;67#65_66#67_63>63>66	<62_63<64_65;67#65_66#67_63>63>66
E2,9	11	70	0	0	70	70	0	0	<42_43;48;51#43_44#44_45#45_46#46_47#48_45#49_45#50_46#51_49;52#52_50;53#53_47>47	<42_43;48;51#43_44#44_45#45_46#46_47#48_45#49_45#50_46#51_49;52#52_50;53#53_47>47
Ek,1	26	5	5	5	10	10	0	0	^26	^26
Ek,1	29	10	16	16	26	26	0	0	^29	^29
Ek,1	31	2	0	0	2	2	0	0	^31	^31
Ek,1	35	5	20	30	25	35	10	0	^35	^35

Tabela 15: Resultados, exemplo 1 obtidos pelo aplicativo EHP (continuação...)

DES. RES.	IDE	AMPL	DIMC	DIMT	DFMC	DFMT	FOLGA_ TOTAL	FOLGA_ LIVRE	CÓDIGO CRIADO	CÓDIGO AGREGADO
Ek,1	47	20	50	50	70	70	0	0	^47	^47
Ek,1	50	5	19	35	24	40	16	16	^50	^50
Ek,1	57	14	22	22	36	36	0	0	^57	^57
Ek,1	60	7	0	45	7	52	45	45	^60	^60
Ek,1	66	20	40	57	60	77	17	17	^66	^66
Ek,1*	19	5	5	5	10	10	0	0	^19	^19
Ek,1*	22	10	16	16	26	26	0	0	^22	^22
Ek,2	28	6	10	10	16	16	0	0	^28	^28
Ek,2	32	4	2	2	6	6	0	0	^32	^32
Ek,2	36	5	25	35	30	40	10	10	^36	^36
Ek,2	44	15	15	15	30	30	0	0	^44	^44
Ek,2	49	2	15	28	17	30	13	13	^49	^49
Ek,2	53	1	19	49	20	50	30	30	^53	^53
Ek,2	54	5	0	0	5	5	0	0	^54	^54
Ek,2	58	12	0	0	12	12	0	0	^58	^58
Ek,2	67	10	22	22	32	32	0	0	^67	^67
Ek,2	69	15	0	0	15	15	0	0	^69	^69

Tabela 15: Resultados, exemplo 1 obtidos pelo aplicativo EHP (continuação...)

DES. RES.	IDE	AMPL	DIMC	DIMT	DFMC	DFMT	FOLGA_ TOTAL	FOLGA_ LIVRE	CÓDIGO CRIADO	CÓDIGO AGREGADO
Ek,2*	21	6	10	10	16	16	0	0	^21	^21
Ek,2*	23	5	0	0	5	5	0	0	^23	^23
Ek,3	25	5	0	0	5	5	0	0	^25	^25
Ek,3	34	20	0	0	20	20	0	0	^34	^34
Ek,3	39	5	30	35	35	40	5	5	^39	^39
Ek,3	40	1	0	0	1	1	0	0	^40	^40
Ek,3	43	10	5	5	15	15	0	0	^43	^43
Ek,3	48	5	5	25	10	30	20	20	^48	^48
Ek,3	55	10	5	5	15	15	0	0	^55	^55
Ek,3	56	22	0	0	22	22	0	0	^56	^56
Ek,3	63	45	32	32	77	77	0	0	^63	^63
Ek,3	65	18	22	39	40	57	17	0	^65	^65
Ek,3*	18	5	0	0	5	5	0	0	^18	^18
Ek,3*	24	10	5	5	15	15	0	0	^24	^24
Ek,4	30	2	0	2	2	4	2	0	^30	^30
Ek,4	38	10	20	25	30	35	5	0	^38	^38
Ek,4	46	10	40	40	50	50	0	0	^46	^46
Ek,4	52	4	15	31	19	35	16	0	^52	^52

Tabela 15: Resultados, exemplo 1 obtidos pelo aplicativo EHP (continuação...)

DES. RES.	IDE	AMPL	DIMC	DIMT	DFMC	DFMT	FOLGA_ TOTAL	FOLGA_ LIVRE	CÓDIGO CRIADO	CÓDIGO AGREGADO
Ek,4	61	15	52	52	67	67	0	0	^61	^61
Ek,4	62	10	0	22	10	32	22	22	^62	^62
Ek,4	70	10	15	15	25	25	0	0	^70	^70
Ek,6	27	10	5	6	15	16	1	1	^27	^27
Ek,6	33	2	2	4	4	6	2	2	^33	^33
Ek,6	37	20	20	20	40	40	0	0	^37	^37
Ek,6	41	80	1	1	81	81	0	0	^41	^41
Ek,6	42	5	0	0	5	5	0	0	^42	^42
Ek,6	45	10	30	30	40	40	0	0	^45	^45
Ek,6	51	10	5	18	15	28	13	0	^51	^51
Ek,6	59	40	12	12	52	52	0	0	^59	^59
Ek,6	64	22	0	0	22	22	0	0	^64	^64
Ek,6	68	2	0	23	2	25	23	23	^68	^68
Ek,6*	20	10	5	6	15	16	1	1	^20	^20

Para uma melhor percepção do sistema global é também apresentado, na Figura 86, o diagrama holístico de controlo para o planeamento da raiz do sistema, no qual se salienta a criticidade relativa daqueles elementos, em que, numa abordagem reducionista, tal criticidade não seria visível.

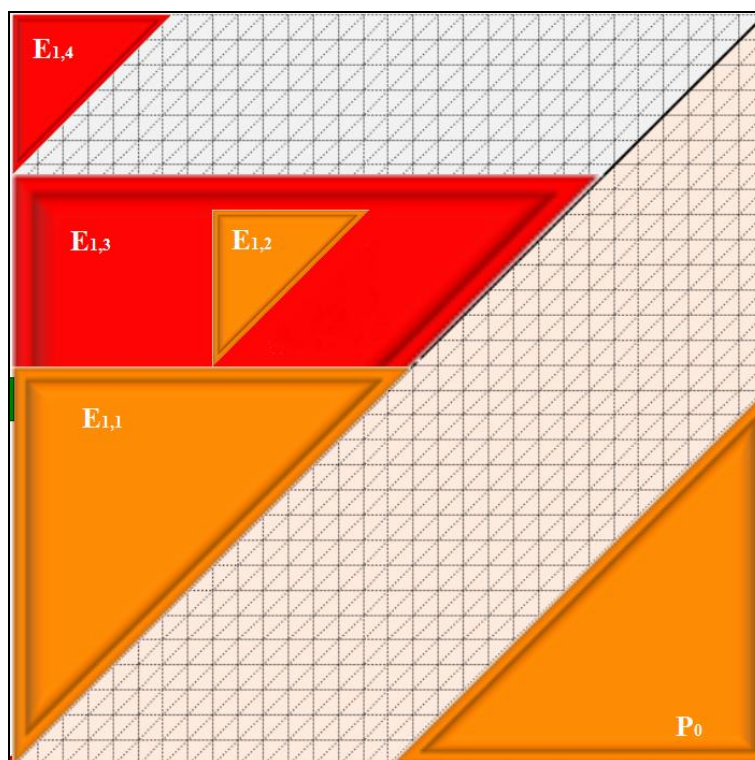
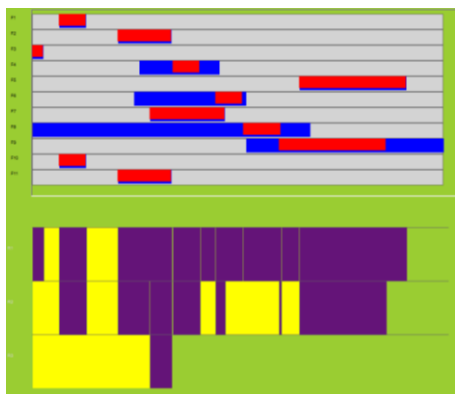


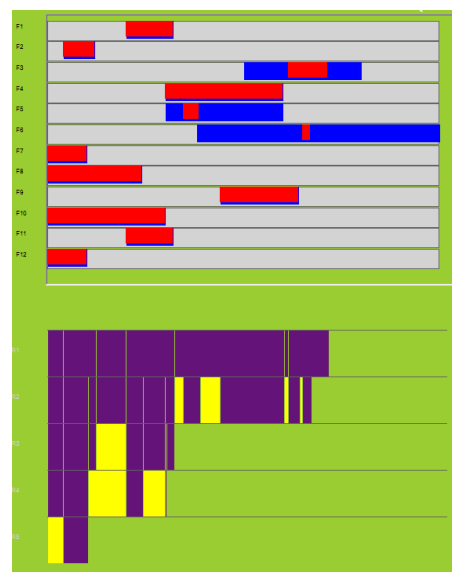
Figura 86 - Exemplo 1, diagrama holístico em Po criado

Crer-se assim que reunindo-se as validações obtidas com o exemplo-base e, neste presente exemplo 1, foi feita para já, uma primeira validação sustentada da metodologia EHP, *versus* o aplicativo EHP, tendo em conta que os resultados estabelecidos para os parâmetros temporais do exemplo 1, aquando da utilização do EHP e os obtidos por via da agregação e do cálculo manual se manifestarem exatamente coincidentes.

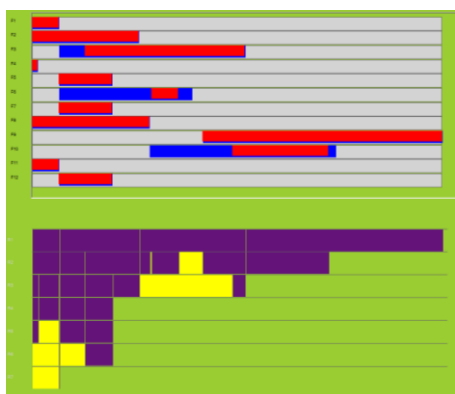
Neste caso, não é possível aferir-se os resultados com a utilização de outros aplicativos, pois se desconhece a existência de aplicativos capazes de instrumentalizar o que aqui é proposto como abordagem holística. Na Figura 87, que se segue, é apresentado graficamente o resultado de alocação através da sua fita de uso ou consumo para cada recurso elementar $E_{k,i}$ envolvido no projeto. Evidencia-se assim a diferenciação dos resultados obtidos entre esta nova metodologia e os métodos reducionistas, dado que estes últimos consideram meramente uma taxa média de utilização dos recursos sem prever a sua verdadeira alocação nominativa.



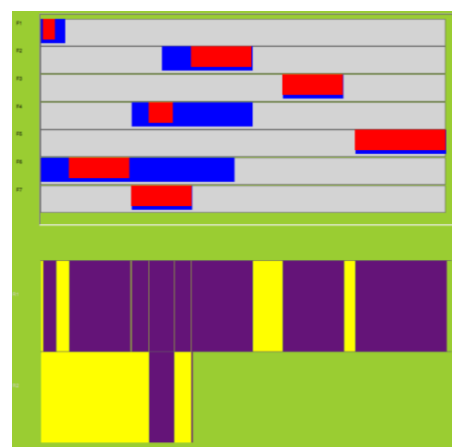
Ek,1 – 3 recursos nominativos



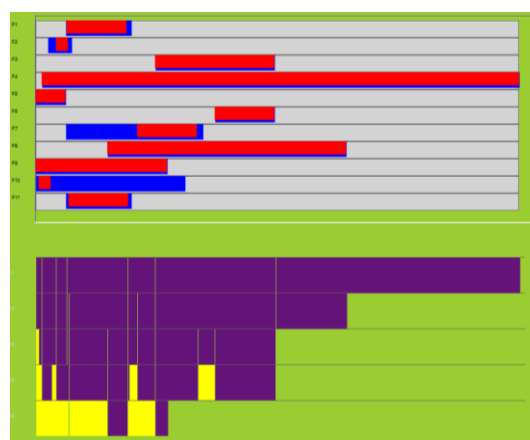
Ek,2 – 5 recursos nominativos



Ek,3 – 7 recursos nominativos



Ek,4 – 2 recursos nominativos



Ek,6 – 5 recursos nominativos

Figura 87 - Fita de uso ou consumo dos recursos envolvidos

6.3 – Exemplo 2 (Holístico genérico)

Relembrando à forma de introdução de dados via rede de precedências, que foi programada, e recordando ainda as tipificações possíveis para os subsistemas implementados e suportados pelo aplicativo EHP, que dão corpo à real abordagem conseguida pela metodologia EHP, para o setor da construção civil, sendo estas: Subelemento (tarefas/atividades); Elemento-base (subempreitada), Elemento neutro, Mão de obra; Equipamento e Material, cujos grafismos são os que estão representados na Figura 88.

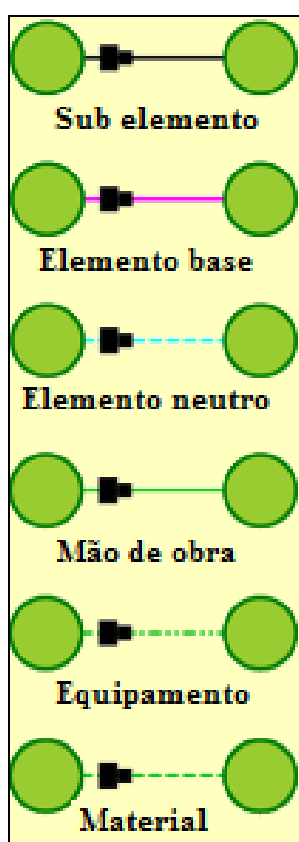


Figura 88 - Tipificações possíveis dos subsistemas suportados pelo aplicativo EHP

Verifica-se para o corrente exemplo holístico, que se pretende referenciar como genérico, a representação na Figura 89, do seu **subsistema** raiz, criado em digrafo de manipulação acessível, no qual se constituem em alguns dos dados iniciais do problema, ocorrendo inicialmente cinco categorias de subsistemas, que são nomeadamente:

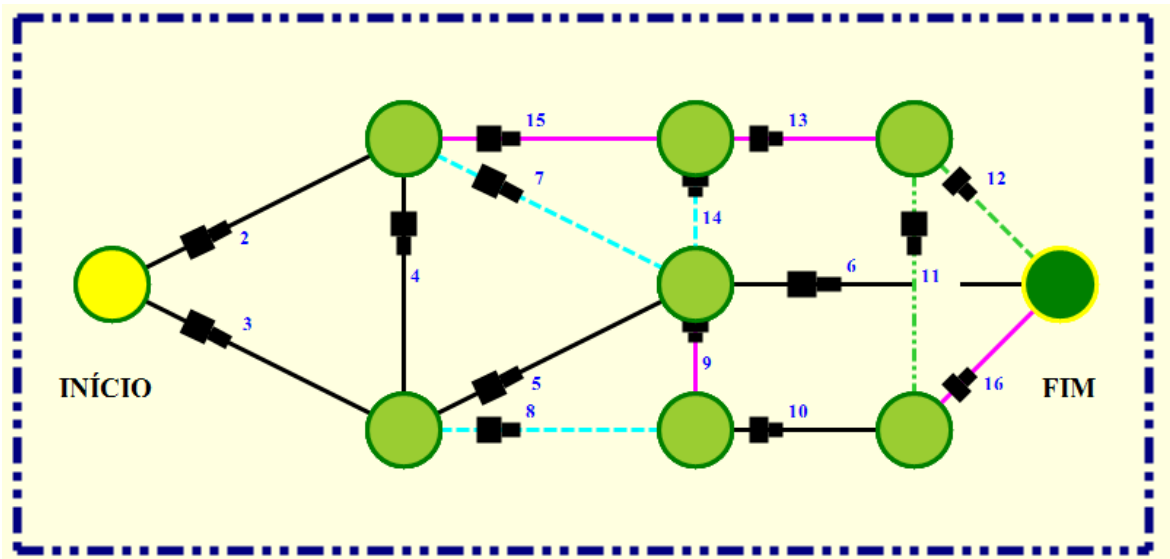


Figura 89 - Representação do subsistema raiz, criado em digrafo de manipulação acessível

Subsistemas incompletos - {2;3;4;5;6;10}

Nestes subsistemas abertos, verifica-se a oportunidade de serem completados por outros subsistemas completos ou não completos;

Subsistemas invariantes - {9;13;15;16}

Estes subsistemas que são admitidos inaptamente como completos, cujas amplitudes foram induzidas de forma alheia à governação do todo, constituindo-se partes integrantes de uma determinada restrição primitiva do sistema, verificando-se que a sua dinâmica é exclusivamente na ordem da sua própria alocação temporal. Contudo, pode-se verificar que a qualquer instante, estes subsistemas podem ser convertidos para subsistemas incompletos;

Subsistemas conectores ou fictícios- {7;8;14}

Estes subsistemas são invariavelmente admitidos como completos, de amplitudes nulas, cuja função é de criar interdependência estrutural de outros subsistemas de proximidade, podendo também, a qualquer instante, serem convertidos para subsistemas incompletos;

Subsistema de recurso elementar do tipo R2 - {11}

Nesta categoria, este subsistema é admitido como completo, de amplitude não nula, que constitui parte integrante de uma determinada restrição primitiva do sistema (equipamento), podendo também, a qualquer instante, ser convertido para um subsistema incompleto;

Subsistema de recurso elementar do tipo R3 - {12}

Este subsistema também é admitido como completo e é parte integrante de uma determinada restrição primitiva do sistema (material), embora de amplitude nula, podendo também, a qualquer instante, ser convertido para um subsistema incompleto.

Na sequência da construção (introdução de dados) deste exemplo, procurou-se que este fosse abrangente para a totalidade das seis categorias postuladas como existentes nos subsistemas, anteriormente descritas, tendo-se também sido contemplado no subsistema {5}, Figura 90, a ocorrência de um subsistema {32}, de categoria de conector, e um outro **subsistema de recurso elementar do tipo R1 - {33}**, subsistema esse, que é admitido como completo, de amplitude não nula, e que constitui também parte integrante de uma determinada restrição primitiva do sistema (profissional), podendo da mesma maneira ser convertido para um subsistema incompleto em qualquer instante.

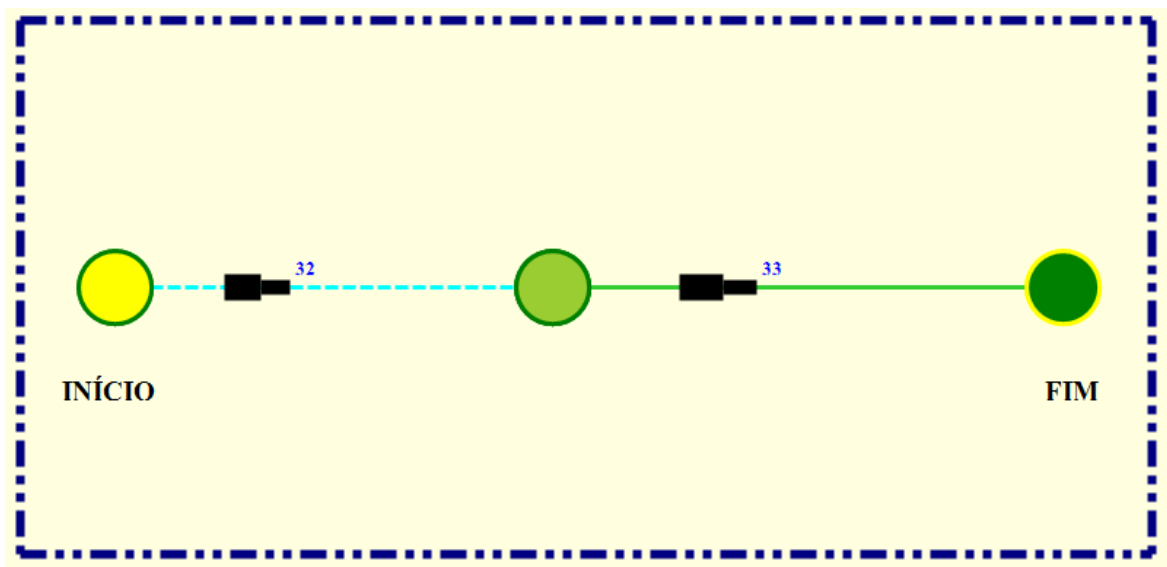


Figura 90 - Representação do subsistema IDE= 5, em digrafo de manipulação acessível

Para o início da demonstração figurativa das fases de processamento do EHP, na Figura 91, é exibido o **subsistema** raiz criado em digrafo de manipulação não acessível em processamento, cuja entidade é ditada pela combinação dos últimos quatro blocos do seu respectivo holocódigo, de seguinte modo:

<2_4;7;15<3_5;8#4_5;8#5_6;9#7_6;9#8_10#9_10#10_16#11_16#13_11;12#14_6;9#15_13;14>6>12>16

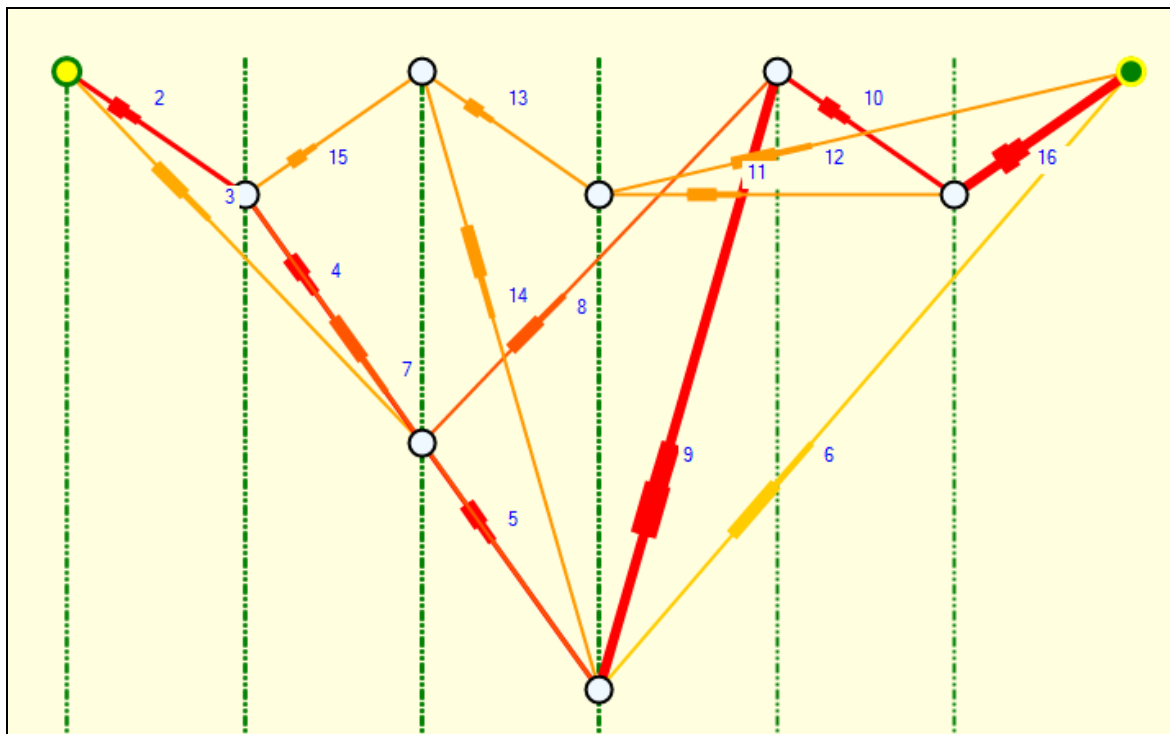


Figura 91 - Configurações não manipuláveis – Digrafo em processamento

Como já referenciado, aquele holocódigo pode ser transcrito em código binário, verificando-se uma total simplicidade, ao nível da computação, cuja transcrição é feita da seguinte forma:

```
101100101110010011000111110000010101101100111110010111001000111101001110010111001000111
101011110011011001001111101111110011011001001111110001110000100001111100111100001000011
110001000011100001011011110001000111100001011011110001001111100001000111000001001011110
001010011100110110010011111000101011110000100111100000101001101011011010001001011010001
0110
```

Na Figura 92, é exibido o mesmo subsistema raiz criado em digrafo agregado de base não acessível processado, cuja entidade é ditada também pela combinação dos últimos quatro blocos do seu respectivo holocódigo, de seguinte modo:

<36_39<37_42;43<49_50<48_32;8#50_40#39_42;43#40_42;43#42_44#43_45#44_45#45_35;34;7;15#35_29;31#34_30#29_30#30_32;8#31_32;8#32_33#33_51;9#7_51;9#8_22;24;47#9_22;24;47#22_23;26#24_25_#47_20#23_25#25_46;21#26_46;21#46_20#20_16#21_16#11_16#13_11;12#14_51;9#15_13;14>51>12>16

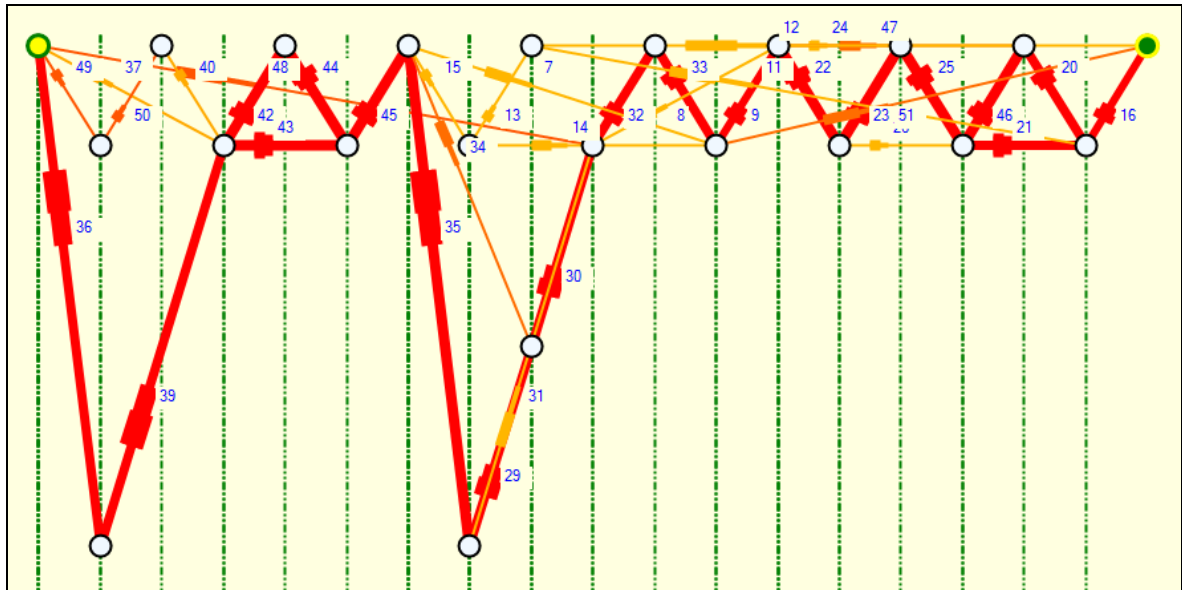


Figura 92 - Configurações não manipuláveis - digrafo agregado de base não acessível

Aquele componente do holocódigo pode ser transcrito em código binário da seguinte forma:

```
101100110110111000111001101100110111111001000010110001000011101101001001111001010000101
101001000111000110010110010001111010100001110010000001111001110011110010000101100010000
111111010000001110010000101100010000111111010000101110010001001111010000111110010001011
11101000100111001000101111101000101111000110101110000110100110001111100000101011110011
0101111000101001111000011000111110011010011100011000011110010100111100011000011110011000
011100011001011001000111100110001111000110010110010001111001100101110001100111111001100
11111001010001110010011111011111001010001110010011111100011100010001011000010010011000
100011111111001111000100010110000100100110001000111111100100010111000100011110000100110
11110010010011100010010111110100011111000100000111100100011111000100101111100100101111
001000110110000100001111100100110111001000110110000100001111101000110111000100000111100
100000111000010110111100100001111000010110111100010001111000010110111100010011111000010
001110000010010111100010100111001010001110010011111000101011110000100111100000101001101
01010001110100010010110100010110
```

Na Figura 93, é representado o mesmo subsistema raiz criado, através do diagrama holístico de base criada, com possibilidade de os seus constituintes serem manipulação por parte do governante ou por um qualquer indivíduo devidamente autorizado para esse efeito, nomeadamente, os de chefia.

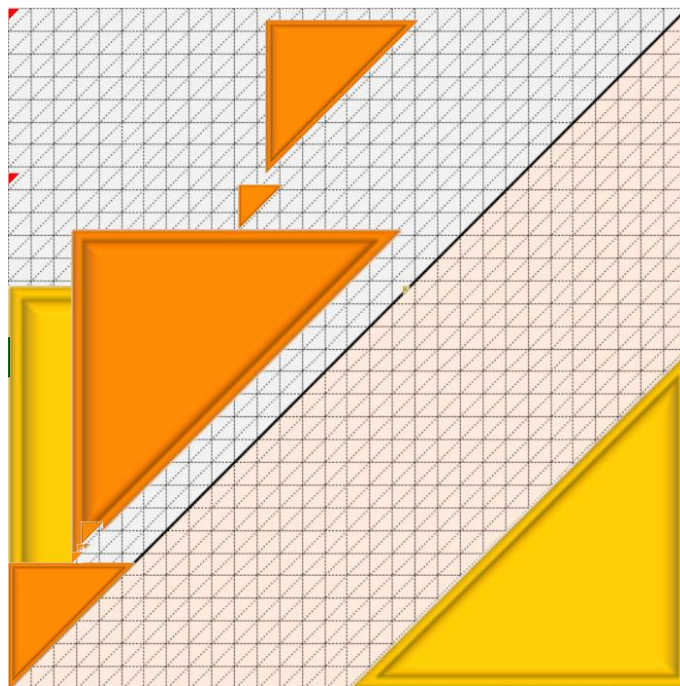


Figura 93 - Configuração manipulável - diagrama holístico do subsistema raiz

A sincronia aqui apresentada para o subsistema raiz, na forma de representação manipulável e acessível, é conseguida de forma universal, através do aplicativo – EHP, para todos os subsistemas constituintes do exemplo holístico em referência.

Nesta representação do subsistema raiz é notória a variabilidade da criticidade dos subsistemas em comparação com a representação da Figura 83, do exemplo redutor, cuja variabilidade da criticidade é nula, verificando-se que para todos subsistemas críticos, estes são representados com valores de criticidade iguais a 100%, isto é, com representação verticalizada.

De seguida, são apresentadas, da figura 94 à 105, em forma de tabelas sequenciadas as cinco possíveis representações **morfologicamente** sincronizadas dos 12 primeiros subsistemas, dos 51 subsistemas constituintes deste exemplo holístico genérico, que completam o sistema em estudo como um todo, pretendendo-se de forma a ilustrar a possível dominância que se tem daquele referenciado sistema complexo, que agora é representável e manipulável de forma direta.

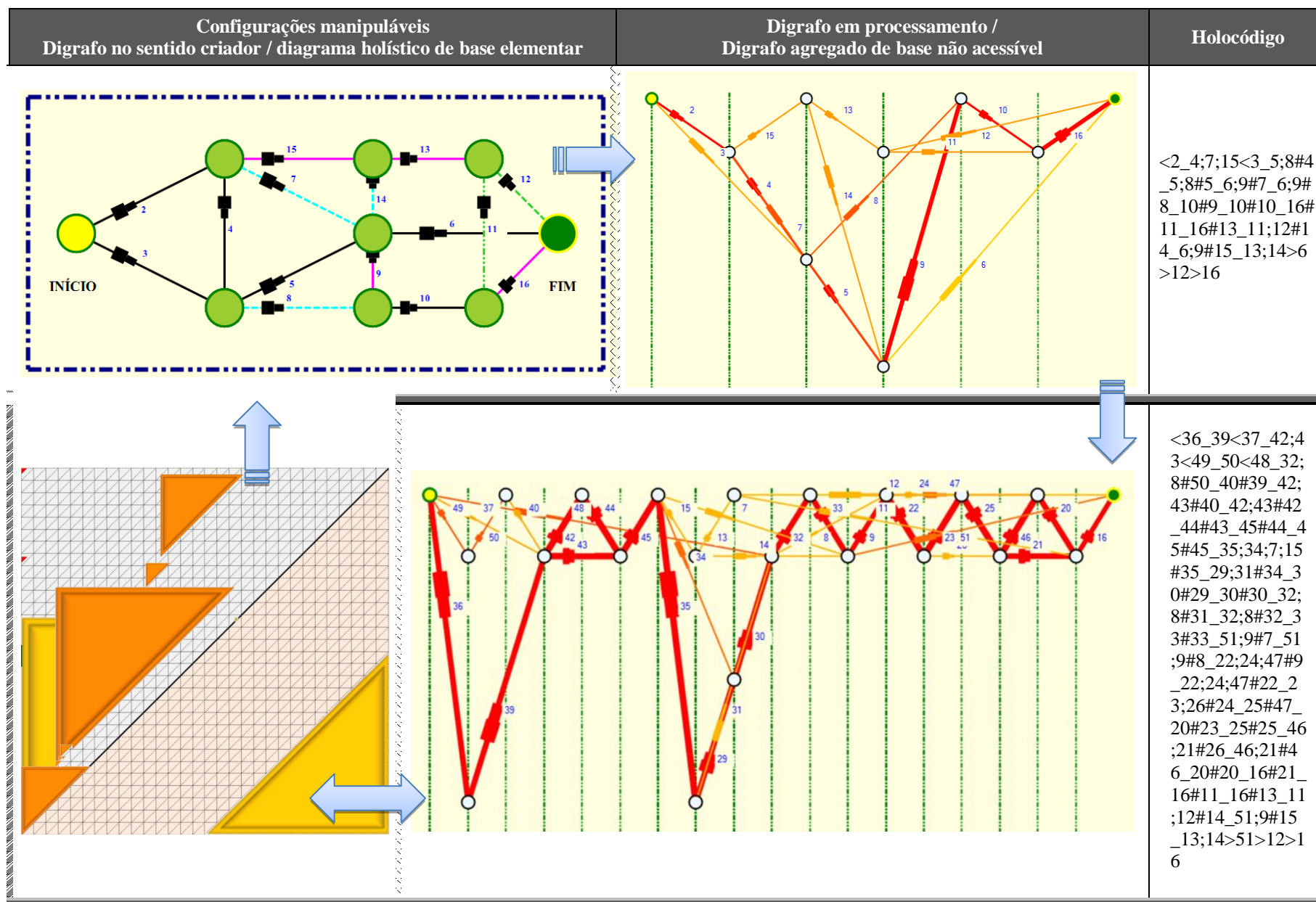


Figura 94 - Subsistema IDE 1 (Raiz)

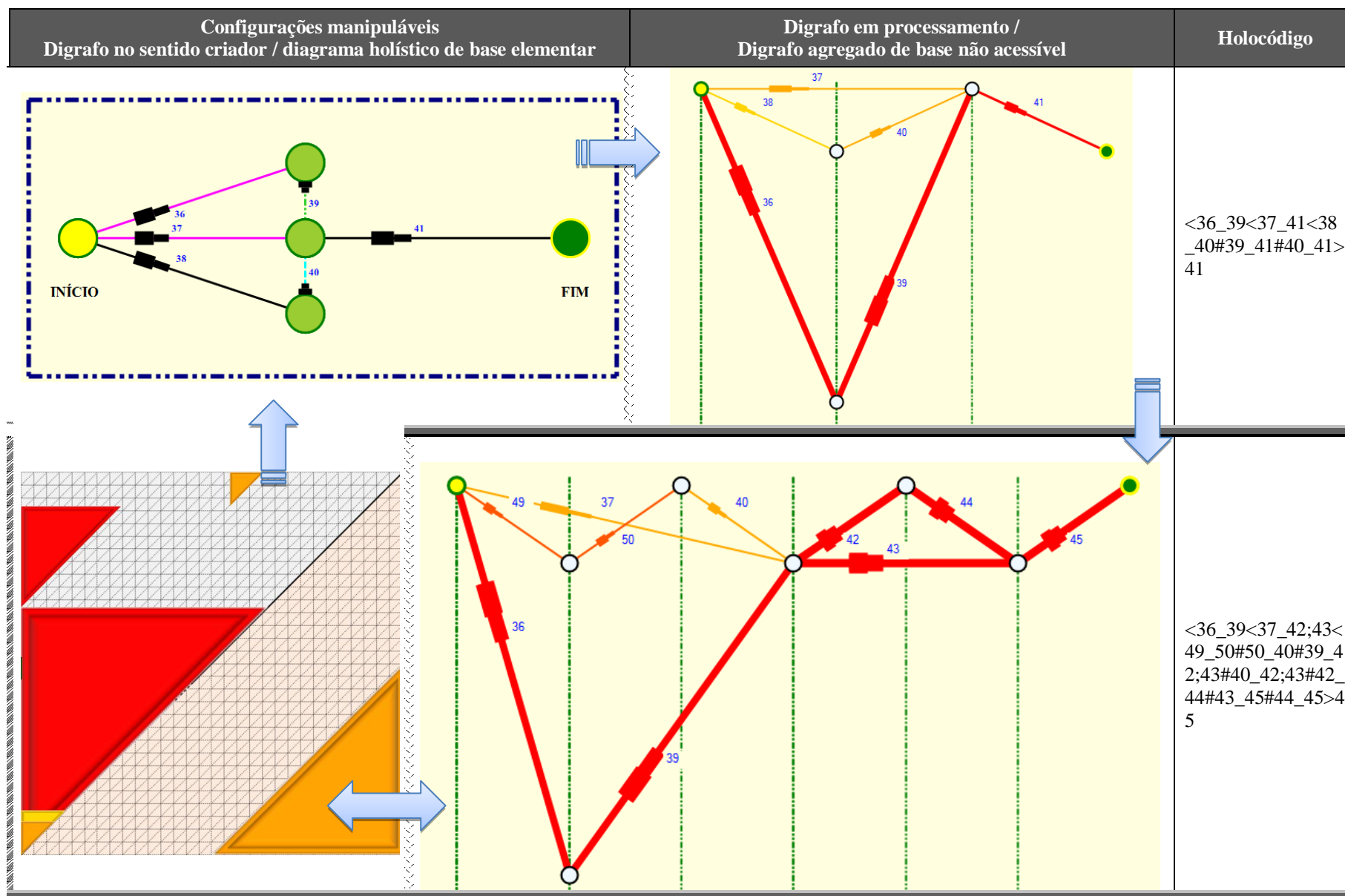


Figura 95 - Subsistema IDE 2

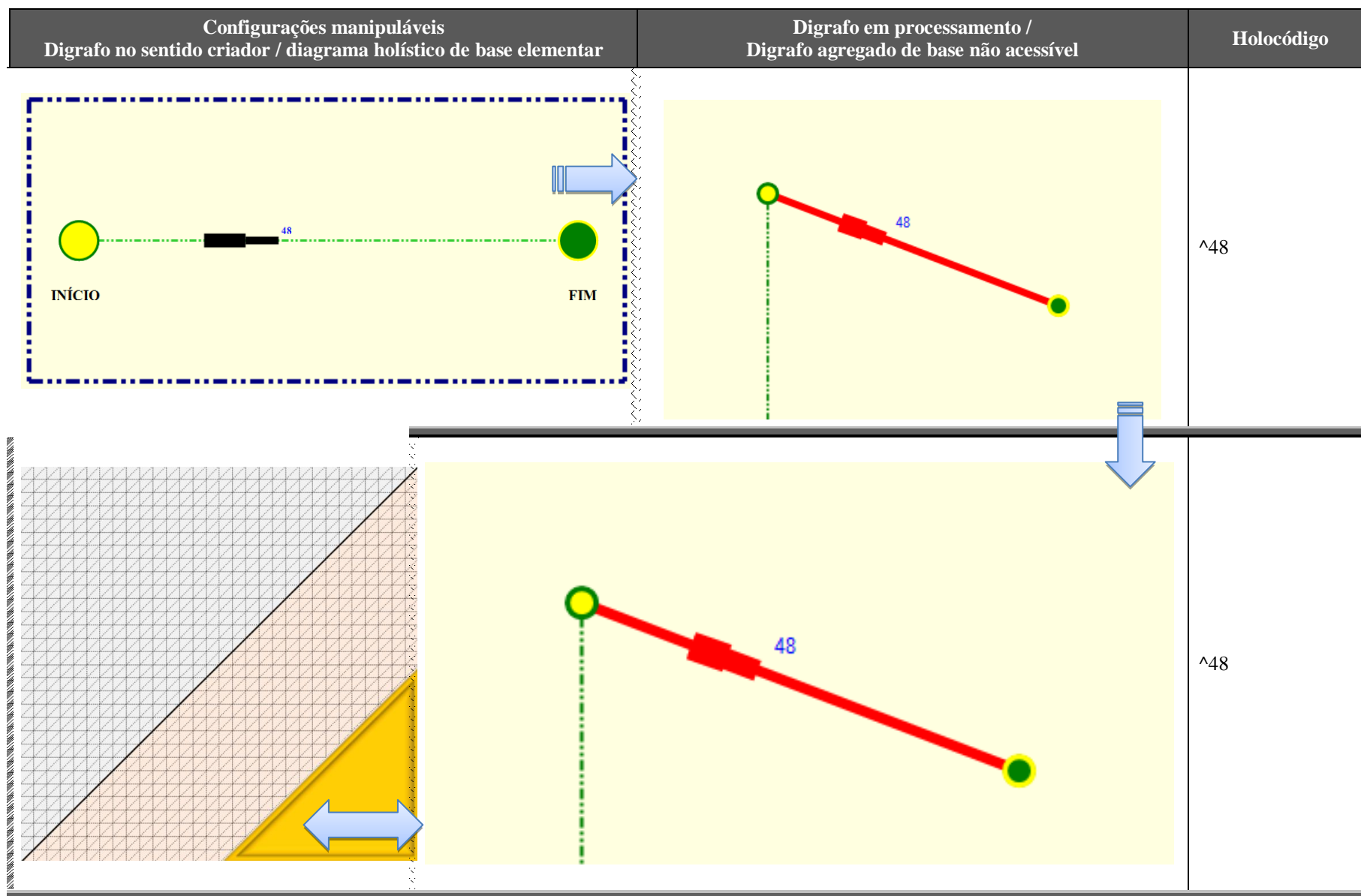


Figura 96 - Subsistema IDE 3

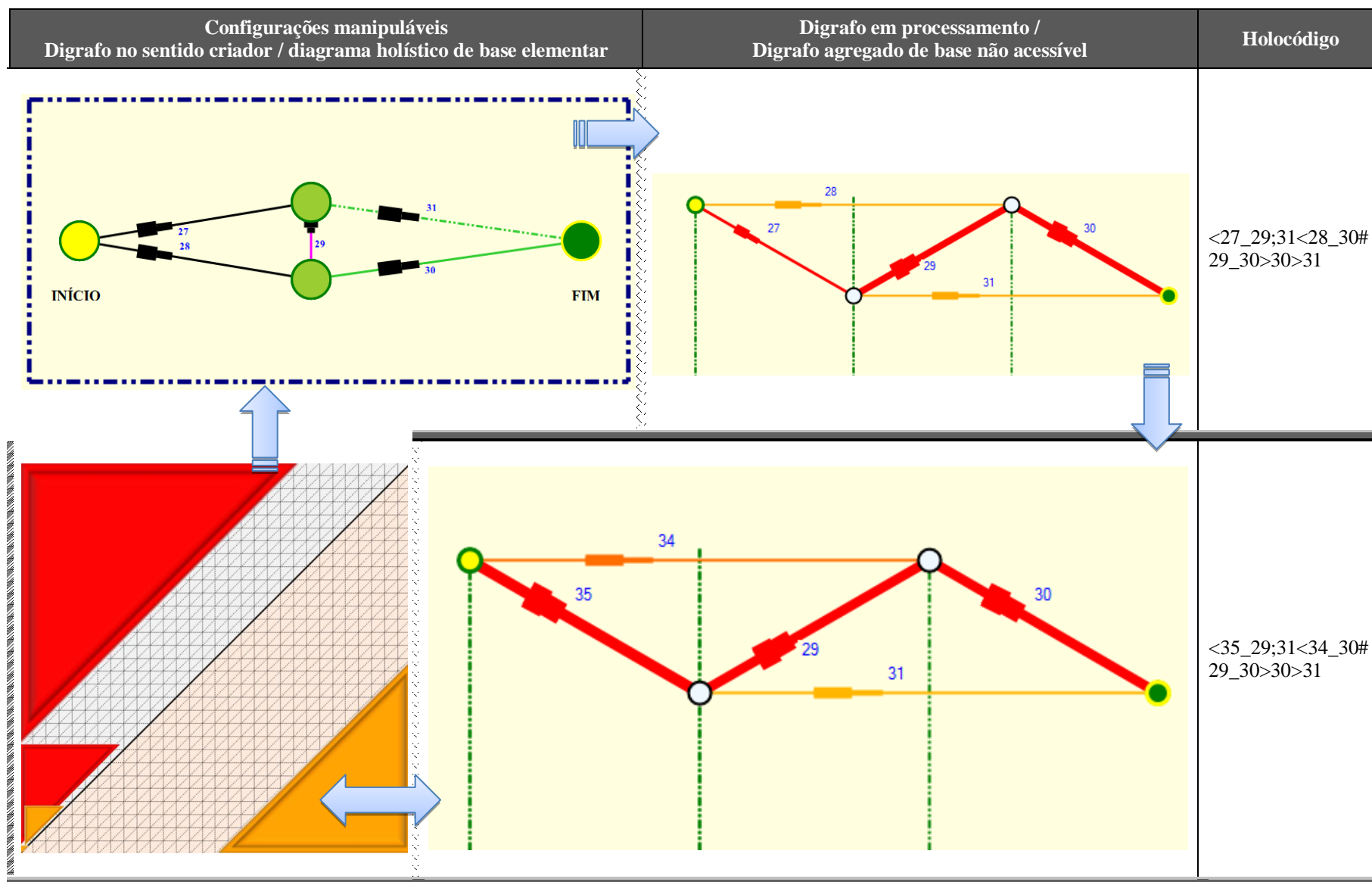


Figura 97 - Subsistema IDE 4

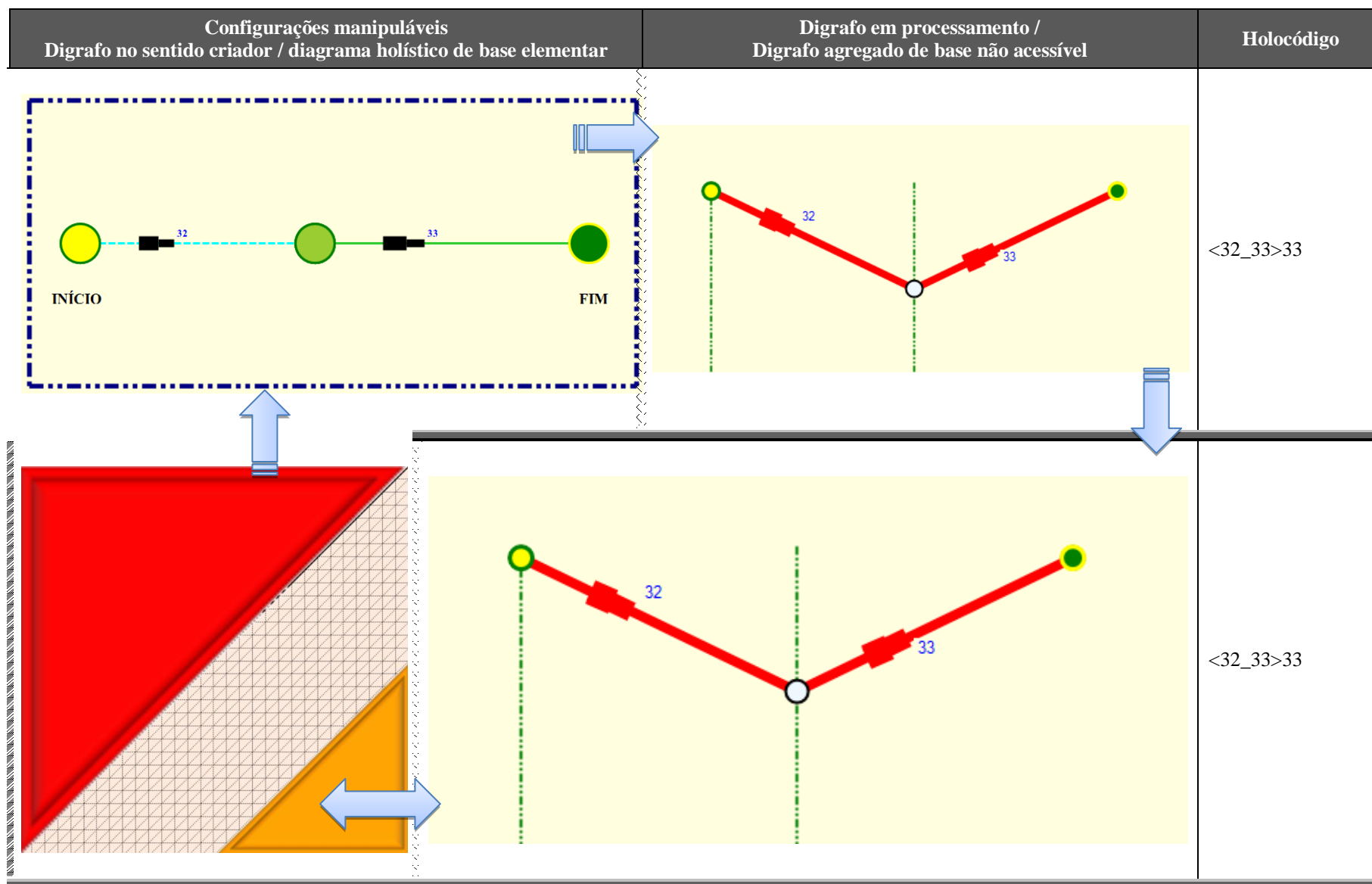


Figura 98 - Subsistema IDE 5

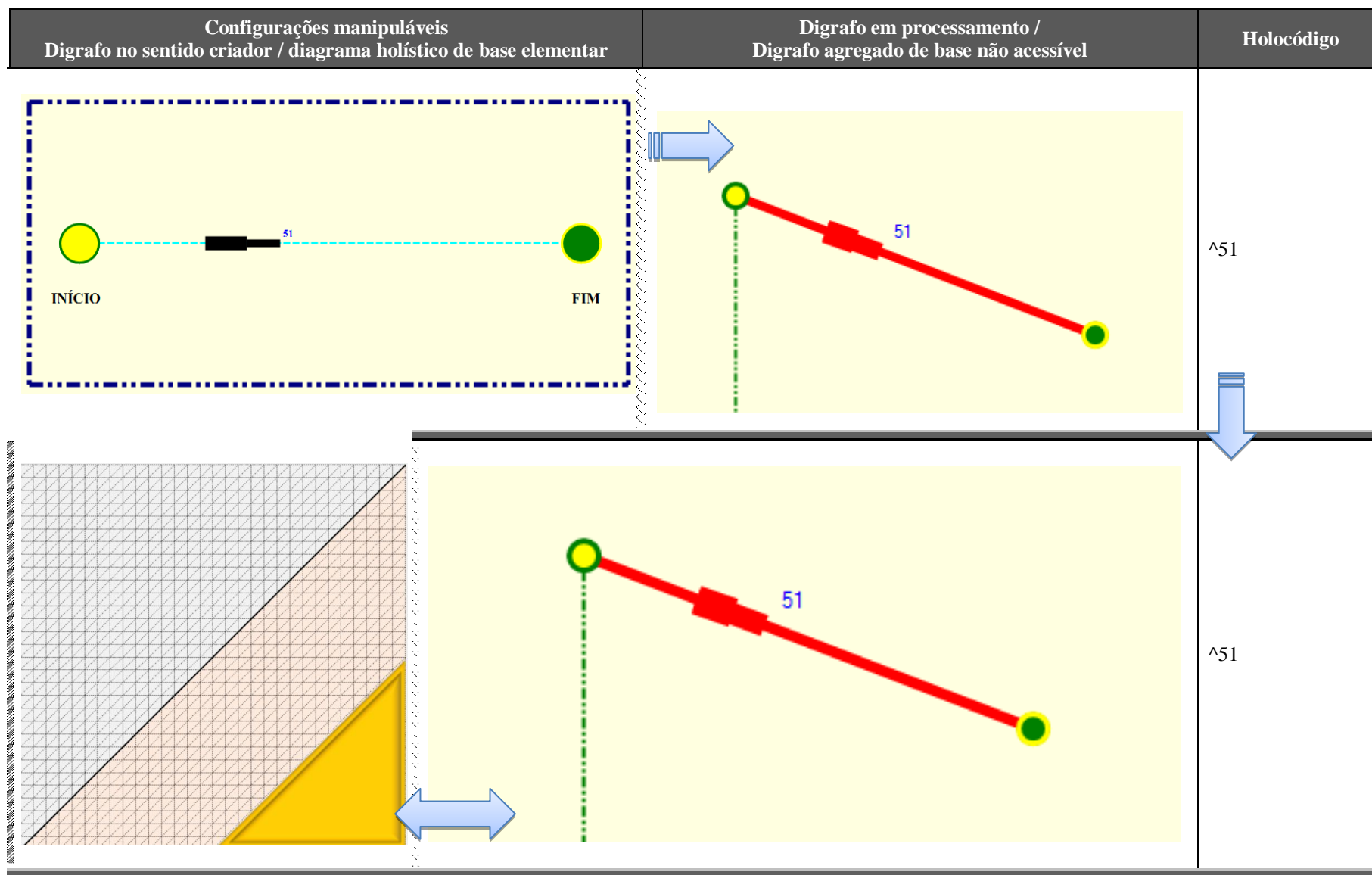


Figura 99 - Subsistema IDE 6

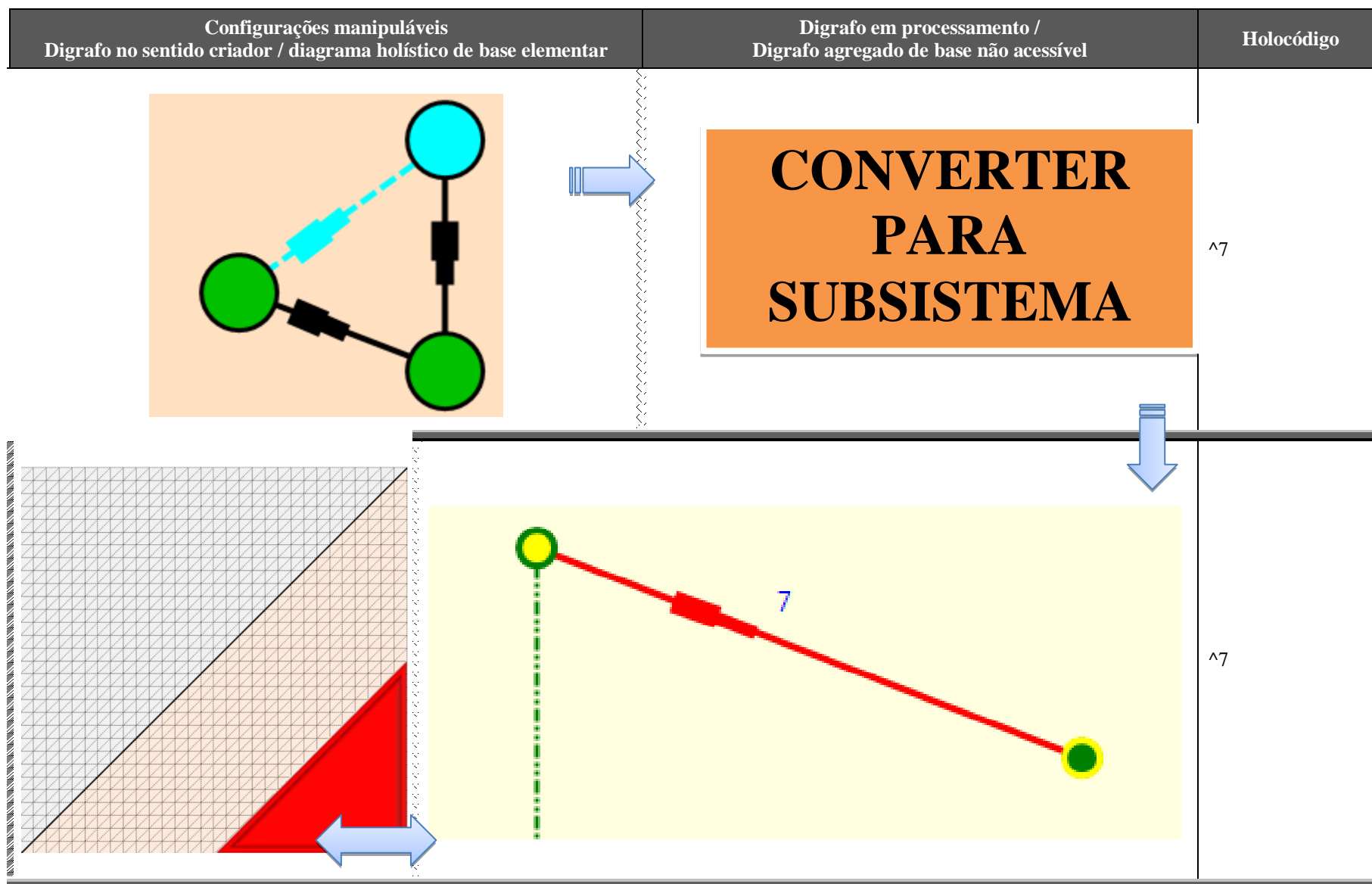


Figura 100 - Subsistema IDE 7

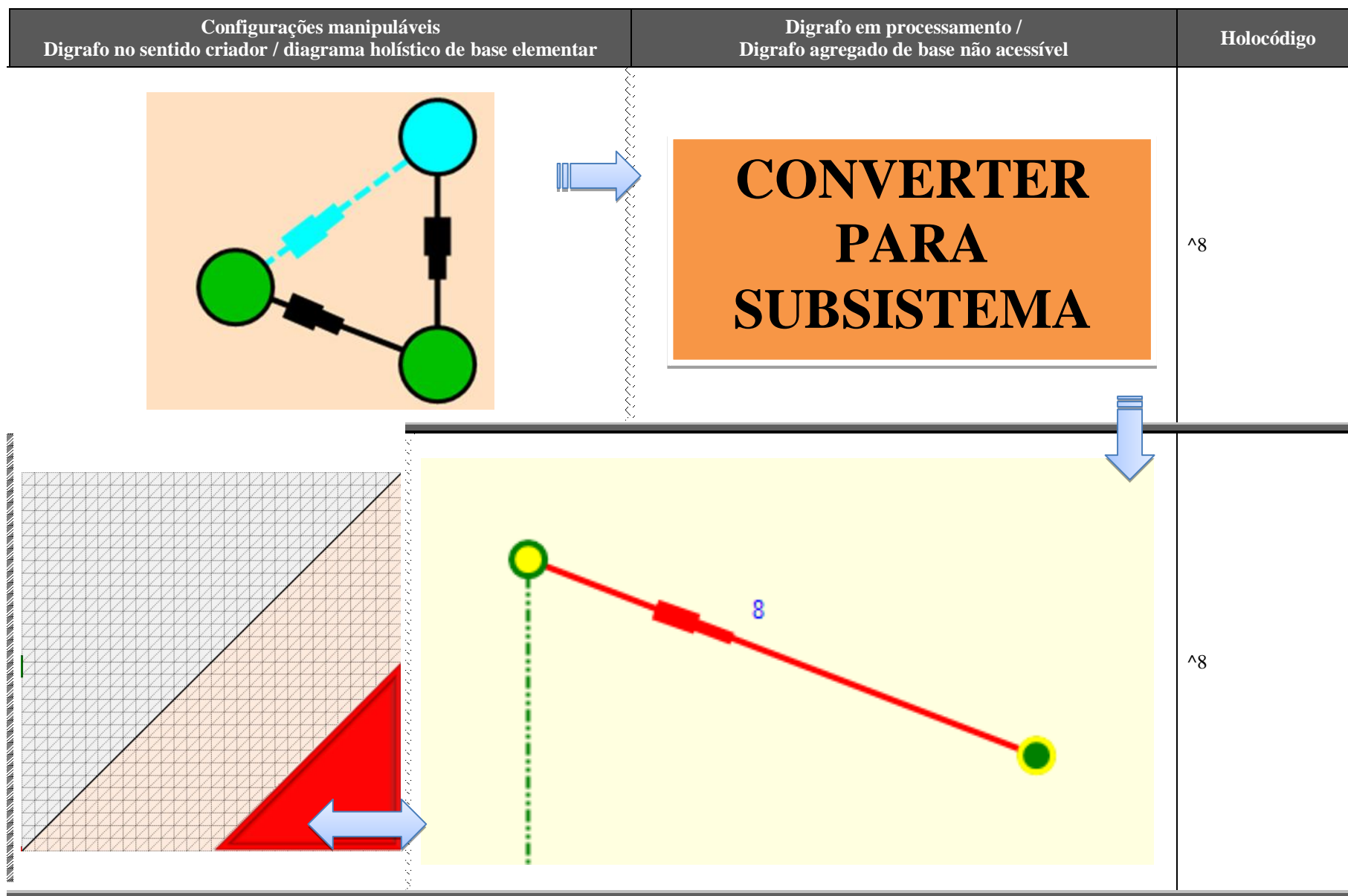


Figura 101 - Subsistema IDE 8

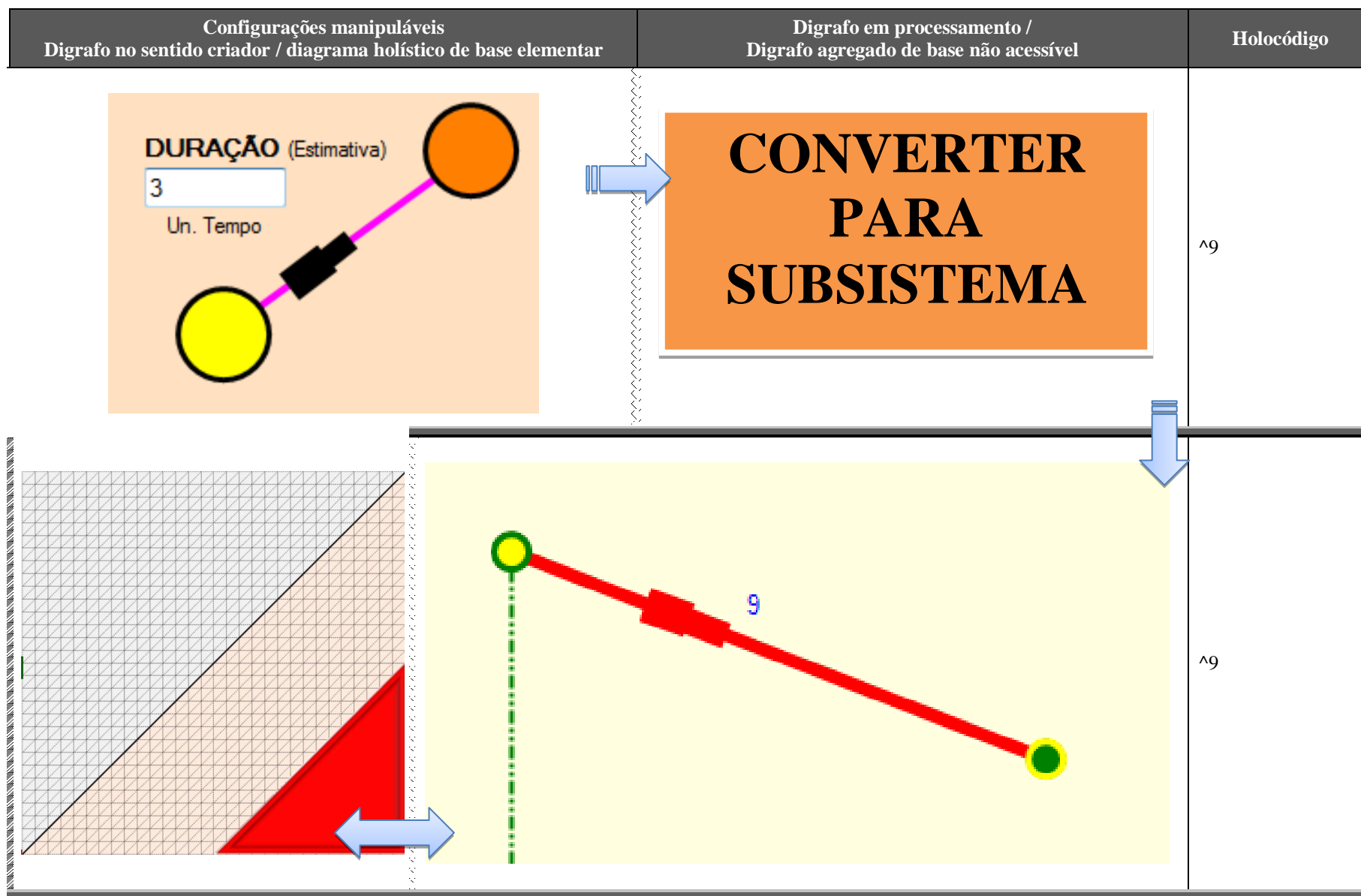


Figura 102 - Subsistema IDE 9

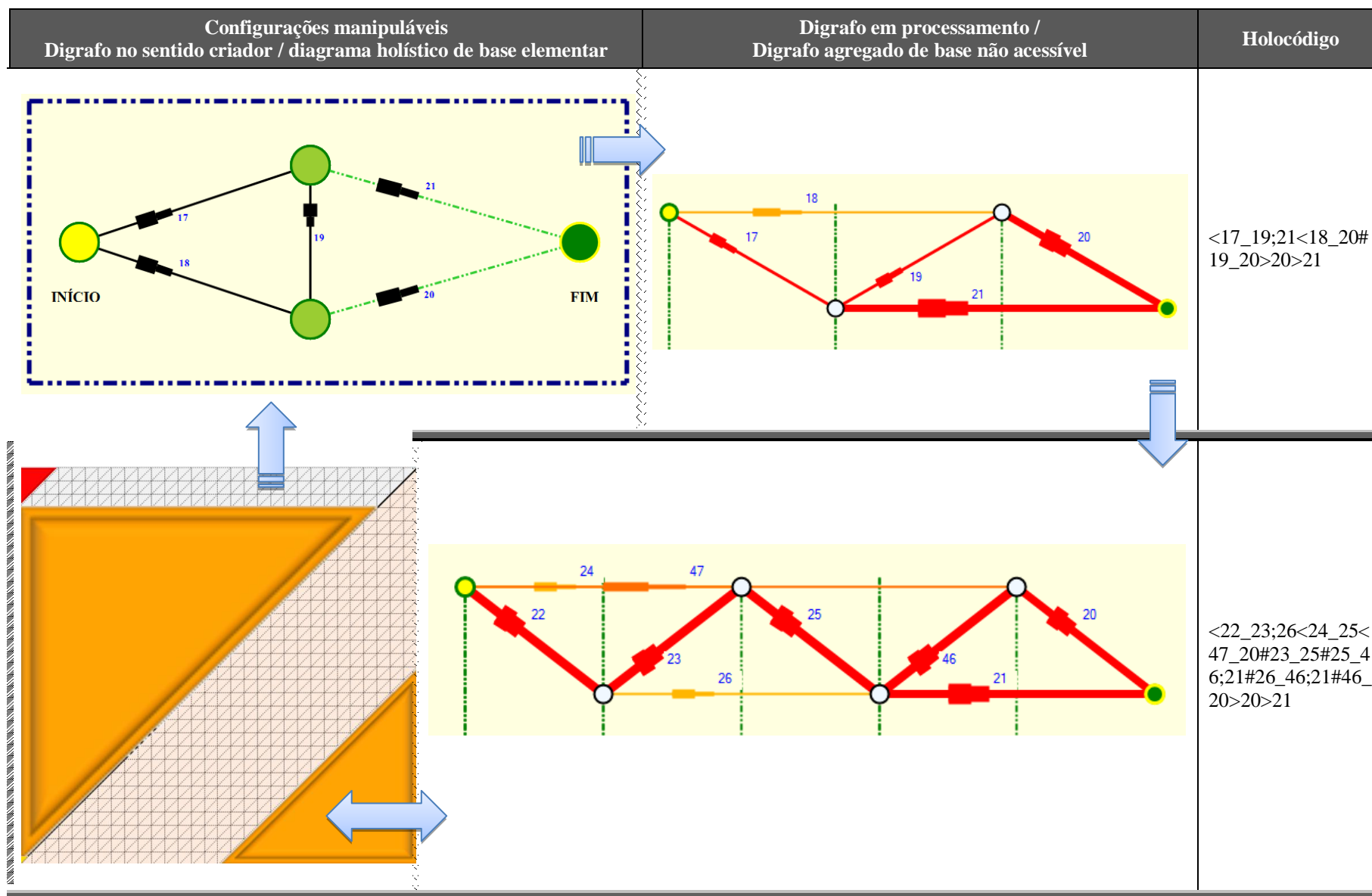


Figura 103 - Subsistema IDE 10

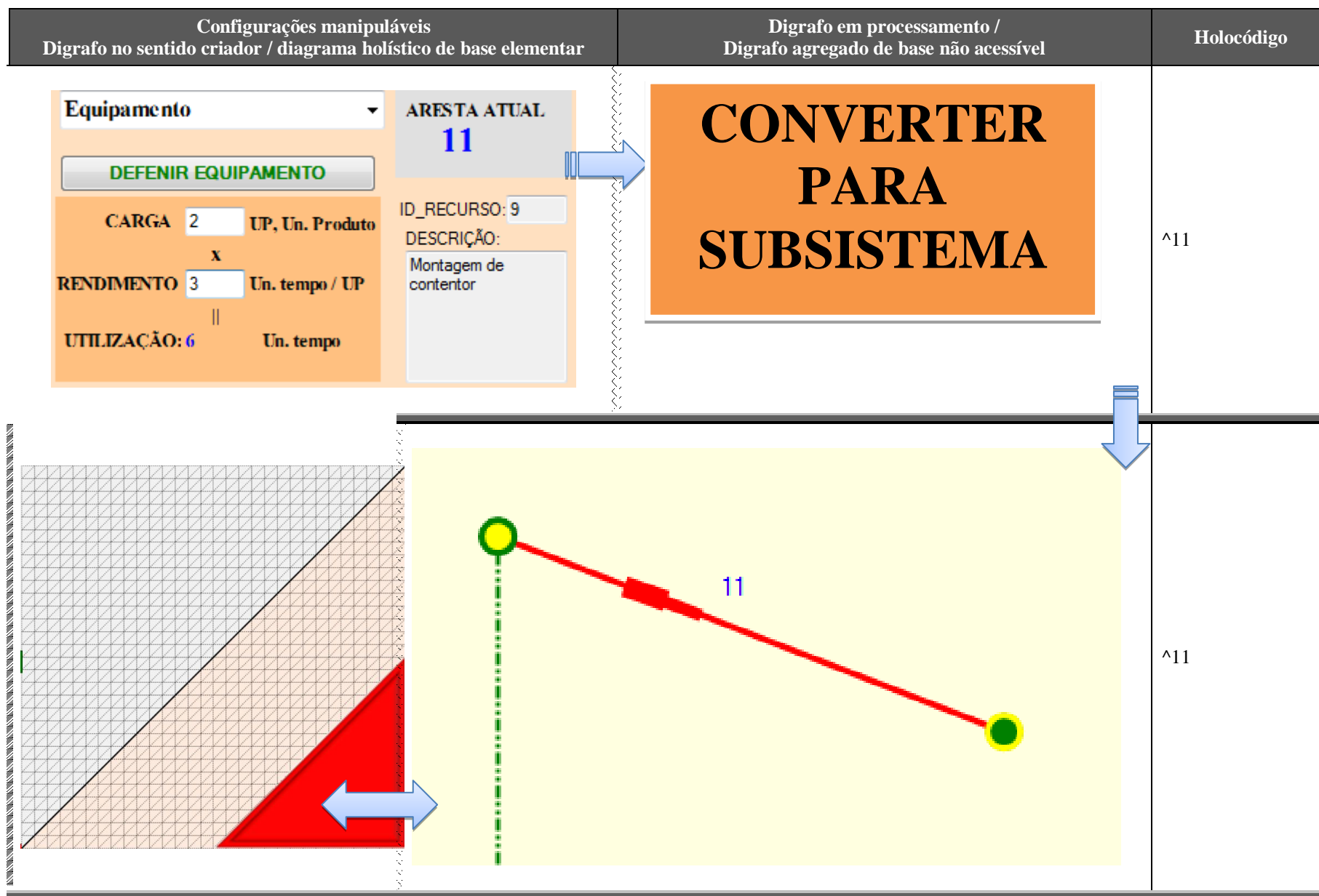


Figura 104 - Subsistema IDE 11

Conclusão

Ao fim deste trabalho é perceptível que a **alocação de recursos** em termos de planeamento e da gestão de obras é o ponto-chave para o sucesso dos projetos, refutando as técnicas consagradas de índole reducionista que, embora permitam uma distribuição da utilização dos recursos ao longo do tempo, não são **sustentáveis** para o contentamento daqueles que se premeiam com o sucesso.

Foi discutido ao longo deste trabalho a problemática dos **recursos**, tendo-se particularizado não apenas o conceito, mas também o esclarecimento de toda a sua génese, enquanto constituinte efetivo ou abstrato dos projetos. Focou-se também no problema da programação de projetos com **limitação de recursos**, bem como se aclarou que as empresas que procuram a excelência dentro da sua área de atuação deverão planear imperativamente os seus recursos de modo a ter um crescimento **sustentado** e, dessa forma, alcançar melhores resultados num sistema global.

Sendo o planeamento uma visão futurista das ações necessárias ao cumprimento de um dado objetivo, verificou-se que este se relaciona com a previsão dos parâmetros **humanos, materiais, financeiros e ambientais**, os quais desencadeiam processos, cujas variáveis fundamentais são reconhecidas pelo **custo, tempo, qualidade, risco e política**.

No propósito de formular uma nova metodologia de execução com vista a apoiar todos os intervenientes no **processo de decisão e de controlo**, foram propostos novos conceitos governativos, que foram afluindo na base das pretensões holísticas ao longo deste trabalho. Podendo-se destacar pela sua novidade os seguintes conceitos:

- **focagem** temporal dos recursos, onde o foco temporal deixa de ser o objeto e passa a ser em todos os recursos nominativos;
- **objeto redutível máximo**, como sendo o objeto desejável para a modelação;
- a **criticidade** de um elemento (subsistema), como sendo a característica mensurável de um dado subsistema que estabelece graus de importância para todos e entre todos os constituintes do sistema;
- a **folga intrínseca** de um elemento/atividade, como sendo uma folga inata do sistema num determinado instante,

O apoio tecnológico e computacional da atualidade foi o suporte para o desenvolvimento dessa metodologia integrada. Apesar da complexidade, possibilitou um manuseio simples, tendo em atenção a integração **sustentável** dos parâmetros associados ao ambiente, economia e à sociedade.

Tendo presente a necessidade histórica de encontrar um método, que detete e que não oculte as ligações, as articulações, as solidariedades, as implicações, as imbricações, as interdependências e as complexidades entre o sujeito e o objeto, essa metodologia geral para a instrumentalização do planeamento dinamicamente agressivo foi substanciada no desenvolvimento de um aplicativo informático designado por **EHP**, em consonância com o Espaço Holístico do Planeamento, caracterizado na própria metodologia.

Para além do pressuposto comunicativo desejável por aquela nova metodologia, a existência de uma única base de dados foi também imposta pelo sentido **integrador** da governação dos múltiplos **processos**, de tal forma que **todos** os intervenientes possam interagir em simultâneo, não quebrando a **interoperabilidade** entre sistemas, conforme a ressonância da metodologia **BIM**.

Salientou-se que a eficiência computacional de um algoritmo para resolver problemas de **otimização** em redes não depende apenas das suas características intrínsecas, mas também, em muito, das **estruturas de dados** utilizadas para representar a rede no computador, nomeadamente, as formas de armazenar e manipular os dados associados à rede, assim como para armazenar os resultados intermédios necessários ao **algoritmo**. Em que, para representar uma rede no computador, são necessários dois tipos de informação, a **topologia da rede** e a dos **dados**, tais como o tempo, os custos, as capacidades, entre outros, que estejam associados aos sistemas.

Realçando a importância da poupança computacional, negligenciada nos dias de hoje, identificou-se as representações, mais entendíveis e comuns, de uma rede através da **matriz de adjacência** e da **matriz de incidência**, cuja operacionalidade não se configurou apropriada para a resposta de processamento requerida por esta inversão de paradigma.

O conceito de processos foi discutido afincadamente, pois este é um dos catalisadores deste desenvolvimento abstrato. Foram também explorados os conceitos e princípios para a governação, procurando-se uma formar basilar, sem cair na tentação reducionista, para clarificar o conceito de processo útil para a contextualização dos conteúdos expostos.

Não sendo a realidade processual a do objeto sistemografado que queremos entender e materializar, mas aquela que o meio nos apresenta como intransmutável, função do **processo** decisório, que retrata por uma “caixa preta” que transforma um ou mais dados recebidos na entrada num ou mais resultados na saída. Verifica-se na indústria da construção civil, movida pela desordem, numerosos processos diferenciados de estados que são iniciados sem a prévia **sincronização** de todas as transformações, o que conduz inevitavelmente a enormes perdas dos recursos básicos, cuja mitigação de tais prejuízos foi aqui potencializada.

No sentido de realçar as desvantagens das técnicas e conceitos reducionistas para o planeamento e gestão de projetos, foi descrito o método de PERT/CPM e o CCPM, que, apesar da sua enorme divulgação, não retratam nem se aproximam da realidade das obras caracterizadas por englobarem diferentes tipos de **atividades e recursos**.

Procurou-se perceber o planeamento como uma forma objetiva de **modular** o espaço temporal, de forma a recriar uma realidade futura, visionando aquilo que vai acontecer durante a execução do projeto. Portanto, a pormenorização das ações elementares serão requeridas para a execução individual de cada ação, identificada como necessária.

Tendo em atenção que, para que um determinado projeto seja executado, é necessário um **planeamento**, uma **programação** e um firme **controle**. Sendo comum que as metodologias existentes para a sua análise começam por decompô-lo em unidades básicas, designadas de “atividades” que se consideram elementares e se relacionam entre si, seguindo-se as representações inteligíveis que servem os propósitos das análises sucessoras. Contudo, verifica-se uma enorme dificuldade de criação, para o instrumentalista inexperiente da **estrutura analítica do projeto**, por força da necessária harmonia de escalas operacionais, função dos níveis interventivos de cada indivíduo, proporcionando-se uma hierarquia de redes, ou de níveis de planeamento a serem implementados para satisfação dos seus operantes e observadores.

Reforçou-se ainda, por um lado, a ideia de que, para os executantes, interessa uma descrição elementar que oriente constantemente as suas ações operativas, e, por outro, para os governantes ou elementos de chefia, a ideia de que interessa uma abrangência de menor escala de decomposição, proporcionando uma leitura eficiente do todo. Evidenciou-se, desta forma, um dos pontos fortes desta nova metodologia relativamente à **escala de**

descomposição das atividades do projeto que permite ter acesso nivelado por qualquer indivíduo a um planeamento personalizado e hierarquizado, que é **unificado** por todos.

Constatou-se que através da análise de redes de atividades as questões relacionadas com a **utilização dos recursos** não eram consideradas, ou simplesmente eram ignoradas, passando a ideia de que os **recursos seriam ilimitados**. Assim, procurou-se evidenciar que a partir daqueles resultados são articuladas as restrições temporais dos recursos, com o intuito de equilibrar os demais interesses dos **calendários desses recursos**, procedimentos que, por vezes, conduzem ao aumento do prazo.

Neste processo de sucessivos remendos das soluções retalhadas ficou patente o necessário desmembrar atroz das metodologias existentes, que são aplicadas de forma **não integrada** que, por sua vez, conduzem a **resultados bastantes fragmentados**, ou que, quase sempre revelam um diminuto poder de controlar a execução dos projetos. Portanto, foi configurada a inversão deste contexto, sendo um estímulo acrescido para a utilização generalizada da nova **metodologia integrada de planeamento**, desenvolvida neste trabalho, que é alternativa válida para a criação do **programa dinâmico** de um projeto, através da criação específica de **bases de dados**, conducentes aos procedimentos construtivos e demais considerandos aplicados aos objetos.

Foi também notória a conquista, pelo processo de rotulagem, da sólida individualização rotular para cada atividade/elemento/subsistema, que se veio a evidenciar como essencial para a manipulação dos digrafos e das redes. Processo pelo qual se verifica que as construções de redes não são estáticas no tempo, mas sim acompanham de forma dinâmica todas as modificações estruturais impostas por agentes exteriores ou intentadas pelos instrumentalistas, a fim de dar resolução às inúmeras restrições, que ocorrem, naturalmente, num processo de realização de um projeto ou parte deste.

Foi realçado que uma atividade necessita do tempo para se definir, a qual vai consumindo recursos, pelo que é imperioso o discernimento dos seus custos associados aos meios necessários para a produção, que são custeados no tempo, em que os recursos são gastos, consumidos ou utilizados. Considerou-se crucial a possibilidade de **imputação** que é o procedimento de contabilização dos custos no decorrer do **calendário dos recursos**.

Partindo-se da premissa de que a afetação dos recursos é fundamental, não se configura suficiente que o planeamento se restrinja apenas ao sequenciamento lógico das atividades, pois é no espaço dos recursos que tudo é **restrito** ou **empurrado**, conduzindo à

necessária programação em sincronia com as restantes questões temporais do planeamento. A dominância daquela relação entre a governação do tempo programado no planeamento e o espaço temporal dos recursos foi conquistada pela nova metodologia de planeamento integrado, preconizada neste trabalho.

Atentou-se ainda na discussão da problemática dos **desperdícios** na produção descrevendo-se de forma geral a metodologia da Construção Enxuta, que foca a minimização dos desperdícios do processo produtivo, agregando, assim, valor ao produto final. Clarificou-se o conceito de desperdício que é emergente para além das considerações do **prazo** e dos **custos** necessários para realizar determinado produto, pois o **erro no uso ou no consumo de recursos** também se traduzirá, efetivamente, em desperdícios de difícil contabilização. O recurso da mão de obra, que gera elevados custos e que, por vezes, não agregam qualquer valor ao produto final, é um tipo de recurso muito sensível, por fatores sociais, entre outros, existindo uma forte componente do desperdício da mão de obra.

Foram retratadas as desvantagens da aplicação de técnicas e conceitos reducionistas no âmbito do planeamento e gestão de obras, ficando clara a necessidade de algo aparecer como inovador que conseguisse dar uma resposta cabal àquelas deficiências, motivadas pela desordem costumeira vivida no seio da indústria da construção civil. Assim, desejou-se criar uma técnica que, para além de fornecer uma permanente comunicação entre todos os intervenientes em perfeita sincronia, conforme é perseguido por BIM, fosse capaz de operacionalizar em tempo real todo o **sequenciamento decisor**, em ambientes projetos múltiplos. Sendo que o efetivo contributo deste trabalho para a integração do planeamento e gestão de projetos em BIM é o resultado da funcionalidade operativa da nova metodologia que garante a **interoperabilidade** num contexto holístico, por via da consideração de um novo atributo aos objetos modulados, defendido topologicamente através de uma “palavra” (**holocódigo**) construída holisticamente pelas lógicas e pelas restrições gerais.

Foi também esclarecido o conceito de Sistemografia que é latente na Teoria do Sistema Geral com objetivo de compreender o comportamento dos sistemas complexos em relação aos seus diversos componentes, tendo-se discutido duas abordagens, a de Turchin e de Simon, de forma a enquadrar cientificamente a nova metodologia aqui proposta. As quais se manifestam pela constituição dos sistemas por subsistemas, que são inter-relacionados em modo evolutivo, os quais, por sua vez, são compostos pelos próprios

subsistemas sequenciados até que se atinja um nível de componentes elementares ou primitivos, sugerindo-se a noção de níveis em integração. Neste seguimento, outra questão de difícil interpretação é a questão das fronteiras do sistema, cuja delimitação foi entendida como de concretização quase impossível, atendendo a que se trata de sistemas abertos, cujas fronteiras delimitantes não poderão existir, que é o caso da problemática da construção civil, que constantemente altera a sua dinâmica de produção. Daí se pretender centrar na abordagem holística, pois seja qual for o sentido da análise, cada subsistema interage com o todo, pois faz inaptamente parte integrante deste. Por fim, ainda se considerou, nesta temática, uma outra base de sustentação que foi o conceito de **Sistema Holónico**.

O planeamento e gestão de obra decalcou-se, desta maneira, como um sistema complexo. Sendo que **alocar um recurso** constitui um dos maiores desafios para o instrumentalista, tornando-se um problema ainda maior, para o caso dos recursos serem limitados. Neste sentido, a criação da nova metodologia de planeamento e gestão integrada, recorrendo ao apoio tecnológico e computacional da atualidade, vem facilitar o trabalho do instrumentalista. Verifica-se, então, que esta nova abordagem ao gerenciamento de projeto é capaz de efetuar o controlo da produção de um dado subsistema que poderá ser comandada graficamente no seio do subespaço do planeamento, através da leitura de um dado elemento, no diagrama holístico. Sendo a escala de serviços e a autoalimentação do sistema conseguida através da autoalimentação sistémica, por aferição da produção. O algoritmo implementado para tratamento da otimização dos recursos configurou-se bastante adequado, pois, para além de garantir a ordenação (construção) dos recursos, consegue dar sustentabilidade à inexistência de qualquer incongruência elementar entre os fragmentos temporais dos recursos nominativos. Sendo este aplicativo informático capaz de contemplar o holocódigo de processamento de redes muito extensa, sem grandes gastos de processamento nas operações básicas de transmutações. Conforme se verificou na validação da nova metodologia EHP através da funcionalidade programada. Neste sentido, por via experimental, recorreu-se à comparação dos resultados obtidos entre o novo aplicativo, a resolução manual e o software M.S. Project da Microsoft, os quais se manifestaram coincidentes, sendo o novo aplicativo mais abrangente. Recomenda-se, por isso, que, num futuro, ocorra a padronização deste tipo de estruturas codificadas no aplicativo EHP, por especialistas, passíveis de serem utilizadas

em formatos de bibliotecas de processos (planeamentos) em função do tipo de obra. Em suma, esta nova abordagem metodológica torna-se vital para as empresas, nomeadamente, para as da construção civil de qualquer dimensão, de modo que estas que exerçam a sua atividade na **ótica da sustentabilidade**, garantindo que a sua capacidade instalada seja adequada antes de se comprometerem com novos contratos de empreitada motivado pela gula financeira, que na maioria dos casos conduz ao “sufoco” da gerência e, consequentemente, a resultados financeiros insustentáveis.

Cabe ainda aqui referir que, no período de escrita deste trabalho, o autor se encontra em fase avançada de patenteação de um invento, que se caracteriza, por ser um método informático para planeamento integrado de projetos, capaz de aglutinar toda esta nova metodologia de planeamento e gestão integrada de projetos, EHP. Invento esse que foi considerado pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial, INPI (Processo Nº 108176 F), como uma invenção, que possui aplicabilidade industrial.

Desenvolvimentos Futuros

Na base da metodologia aqui abordada será necessário, num futuro próximo, o desenvolvimento de alguns pontos-chave, de modo a que o contributo que se pretende dar à metodologia BIM, se torne realmente efetivo, nomeadamente através:

- da criação estruturada de holocódigos minuciosamente estudados, caraterizantes dos objetos/elementos de obra, proporcionando-se a criação e acessibilidade a bibliotecas para qualquer tipo de obras;
- da reprogramação e desenvolvimento gráfico do EHP numa linguagem mais universal, que possibilite a necessária comunicação entre todos os intervenientes, proporcionando assim a necessária interação permanente;
- do desenvolvimento de algoritmos dedicados à criação de alertas e sugestões aos utilizadores;
- do desenvolvimento da programação dedicada ao espaço dos resultados integráveis com a contabilidade analítica das empresas;

- da possibilidade futura, conforme ilustrado na Figura 106, da introdução dos dados poder ser feita unicamente com recurso ao próprio diagrama holístico do projeto (em modo de introdução de dados), não sendo necessário recorrer (a construção de redes) aos subsistemas neutros de forma a dar cobro a todas as dependências requeridas pelos subsistemas, o que tornará a metodologia em questão ainda mais operacional por parte dos usuários menos especializados.

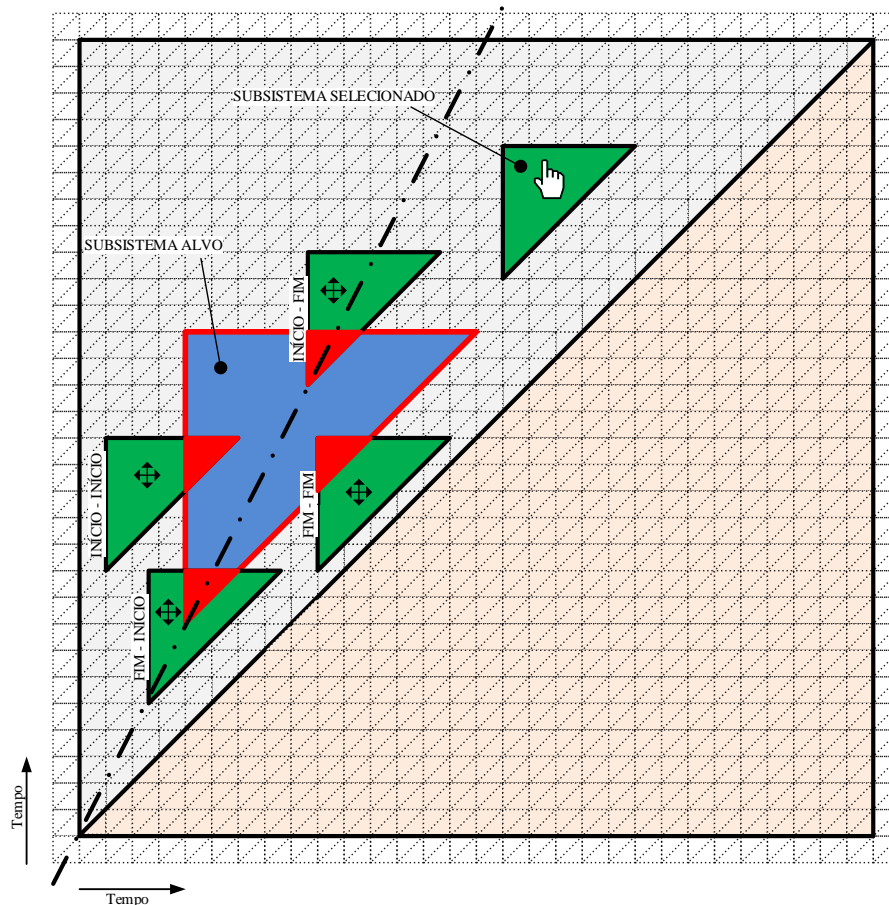


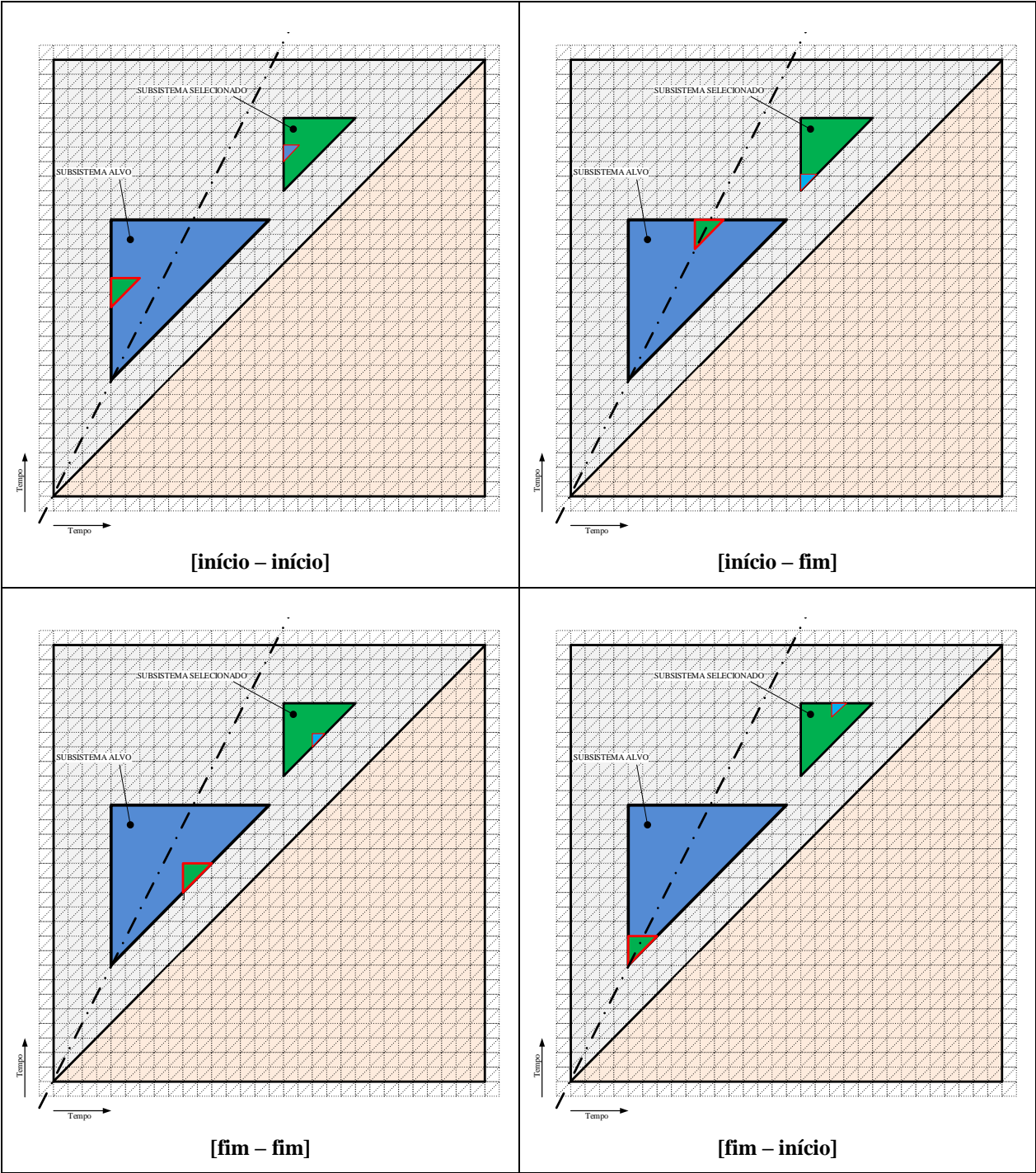
Figura 106 - Introdução de dados pelo diagrama holístico do projeto

Embora tal possibilidade ainda não esteja devidamente programada no aplicativo EHP, a mesma poderá ser conseguida pela sucessiva introdução ou **seleção** de um dado subsistema, que, quando se movimente em volta de um determinado subsistema-**alvo**, poderá exibir sinalizadores homotéticos referentes aos quatro tipos de ligações clássicas para as dependências entre subsistemas (início-início, fim-início, início-fim e de fim-fim).

Nesse procedimento, quando for desejado pelo operador a criação de um determinado tipo de dependências, um daqueles sinalizadores pode ser validado por um

simples “clique”, conforme ilustração da Tabela 16, ocorrendo a fixação do sinalizador, quer no subsistema-alvo, quer no seu correspondente sinalizador no subsistema selecionado, impondo-se desse modo uma permutação de cores na parte intersetada (sinalizador) entre o subsistema selecionado e o subsistema-alvo.

Tabela 16: Validação das ligações para o subsistema selecionado



Tais sinalizadores deverão ser posicionados de maneira que a ligação pretendida seja intuitiva visualmente para o operador. Estes sinalizadores deverão ainda ser disponibilizados, apenas quando **não** se incorra em nenhuma anomalia estrutural do sistema global, nomeadamente, no que respeita à questão do não fluxo ou à da dependência de um dado subsistema em si mesmo, garantindo-se a lógica de todas as ligações. Tais sinalizadores, depois de serem validados, ficarão a fazer parte do subsistema alvo e do subsistema selecionado, para os quais a sua identidade também é reconhecida como um objeto manipulável, isto é, poderão ser aplicados ou retirados.

Bibliografia:

AHUJA, R. K.; MAGNANTI, T. L.; ORLIN, J. B. – “Network flows – Theory, algorithms, and applications”. New Jersey: Prentice–Hall, 1993.

AMMAR, M. – Float analysis of non-serial repetitive activities. *Journal of Construction Management and Economics*, 2003.

AMMAR, M.; ELBELTAGI, E. – “Algorithm for determining controlling path considering resource continuity.” *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2001.

ARBULU, R.; BALLARD, G. – Lean supply systems in construction. Proceedings of the 12th annual conference of the IGLC. Helsingor, Denmark, 2004.

BALLARD, G. – Lean construction and EPC performance improvement. Proceedings of the 8th annual conference of the IGLC. Brighton, UK, 1993.

BALLARD, G. – Lean project delivery system. Lean Construction Institute: Research Agenda. 2000.

BALLARD, G. – The last planner system of production control, UK: PhD dissertation, University of Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. – Competing construction management paradigms. *Lean Construction Journal*, 2004.

BALLARD, G.; HOWELL, G. – Shielding production: An essential step in production control. *Journal of Construction Engineering in Management*, ASCE, 1998.

BARANGER. P.; HUGUEL, G. – Gestão da Produção – atores, técnicas e políticas. Lisboa, Edições Sílabo, 1994.

BARRICO, Carlos Manuel Chorro Simões – Uma abordagem ao problema de caminho mais curto multiobjectivo – Aplicação ao problema de encaminhamento em redes

integradas de comunicações. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. 1998. Tese de Mestrado.

BATTERSBY, A. – Network analysis for planning and scheduling. New York: Wiley, 1967.

BERNARDES, M. – Desenvolvimento de um modelo de controlo de produção para micro e pequenas empresas da construção. Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia civil na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001. Tese de Doutoramento.

BERTELSEN, S. – Complexity – Construction in new perspective. Proceedings of the 11th annual conference of IGLC. Blacksburg, Virginia, USA, 2003.

BERTELSEN, S. – Construction as a complex System. Proceedings of the 11th annual conference of IGLC. Blacksburg, Virginia, USA, 2003.

BERTELSEN, S.; KOSKELA, L. – Construction beyond Lean: A New understanding of Construction Management. Proceedings of the 12th annual conference of IGLC. Helsingor, Denmark, 2004.

BONGAERTS, Luc [et. Al.] – Identification of manufacturing holons. European Workshop on Agent-Oriented Systems in Manufacturing. Berlin, Germany, Set. 26-27, 1996.

BRANCO, J. Paz – Manual de estaleiros de construção de edifícios. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1980, vol.3.

CALIA, E.G. – O gerenciamento de projectos por Corrente Crítica. Revista Brasileira de Gerenciamento de Projetos. Curitiba. Nº1, PM21 Soluções em Projetos, 2004.

CARDOSO, Domingos Moreira – Teoria dos Grafos e Aplicações. Aveiro: Universidade de Aveiro. 2004/2005. Tese de Mestrado.

CARVALHO, João Paulo Baptista – Mapas cognitivos baseados em regras difusas: modelação e simulação da dinâmica de sistemas qualitativos. Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. 2001. Tese de Doutoramento.

CHEN, D.; DOUMEINGTS, G.; VERNADAT, F. – Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers In Industry*, vol. 59, nº. 7, 2008.

CHIAVENATO, Idalberto – Introdução à teoria geral da gestão. Rio de janeiro: Ed. Campus, 2000.

CHOO, H. J.; TOMMELEIN, I. D. – WorkMovePlan: Database for Distributed Planning and Coordination. Proceedings of the 8th annual conference of IGLC. Brighton, UK, 2000.

CONTE, A. S. – Lean Construction: From Theory to Practice. Proceedings of the 10th annual conference of IGLC. Gramado, Brasil, 2002.

COURI, Clarissa de Alcantara – O método da Corrente Crítica – A gestão do tempo nos projectos. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense. 2010. Tese de Mestrado.

COUTO, J. Pedro; TEIXEIRA, J. Cardoso – Método de equilíbrio no planeamento da construção repetitiva em altura. *Engenharia Um*. Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho. Nº 13, 2002.

COUTO, J. Pedro; TEIXEIRA, J. Cardoso – Modelos de Aprendizagem na Construção. *Engenharia Um*. Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho. Nº 19, 2004.

CREMA, Roberto – Introdução à visão holística. São Paulo: Summus, 1989.

D.C. 20546. NASA/SP-2007-6105. December 2007. National Aeronautics and Space Administration Washington: NASA Systems Engineering Handbook.

DAVIS, E. W. – Project scheduling under resource constrains – historical review and categorization of procedures, *AIIE Transactions*, 5, nº4, 1973.

DAVIS, E. W.; PATERSON, J.H. – A comparison of heuristic and optimum solutions in resource-constrained project scheduling. *Management Science*. Nº 21, 1975.

DRUCKER, A. – Managing for the future. Oxford: Butterworth- Heinemann, 1993.

DUFFY, G.; OBERLENDER, G.; JEONG, D. – Linear scheduling model with varying production rates. *Journal of Construction Management*, 2011.

EASTMAN, C. – An Outline of the Building Description System. Pittsburgh: Carnegie-Mellon University, 1974.

ELMAGHRABY, S. E.; KAMBUROWSKY, J. – The Analysis of Activity Networks under Generalized Precedence Relations. *Management Science*.1992.

FARINHA, J. S. Brazão, BRANCO, J. Paz – Manual de estaleiros de construção de edifícios. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, vol.1-2, 1980.

FLEMING, Q. W.; KOPPELMAN, J. M. – Earned Value Management - Mitigating the Risks Associated with Construction Projects. The Institute of Risk Management, 2002.

FORMOSO, C. – Planejamento e controlo da produção em empresas de construção. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

FROESE, T. – Future directions for IFC - based interoperability, 2002.

GOEDERT, J.; MEADATI, P. – Integrating construction process documentation into building information modeling. *Journal of Construction Engineering Management*. 134(7), 2008.

GOLDARTT, E. M. – The Goal. Great Barrington: North River Press, 1992.

GOLDRATT, E. M. – Corrente Crítica. São Paulo, Nobel, 1998.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. – A Meta. São Paulo: Educator, 1994.

HENRIQUES, A. P. – Metodologia de gestão integrada de prazos e custos aplicação da metodologia earned value management (EVM). Lisboa: Engenharia Civil – IST-Universidade, 2008.

HOUSE, R.S. – Human side of project management. [S. l.]: Addison-Wesley, 1988.

HOWELL, G. – Think of the Queue Behind You. Engineering News Record, McGraw Hill. 2000.

ISIDORE, L. J.; BACK, W. E. – Probabilistic Optimal-Cost Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2001.

JAAFARI, A. – Criticism of CPM for project planning analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 1984.

JACOB, F. – La logique du vivant. Paris: Gallimard, 1970.

KARLÖF, Bengt; ÖSTBLOM, Svante – Benchmarking – um marco para a excelência em qualidade e produtividade. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1996.

KAUFFMAN, S. A. – The origins of order: self-organization and selection in evolution. Nova Iorque: Oxford University Press, 1993.

KINTSCHNER, Fernando Ernesto – Método de reorganização de processos com apoio na engenharia de sistemas. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2003. Tese de doutoramento. Disponível em <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000293075>>. [Consult. em 02 abril. 2015].

KOESTLER, A. – The ghost in the machine. London: Arkana Books, 1967.

KOSKELA, L. – Making-Do – The Eighth Category of Waste. *Proceedings of the 12th annual conference of IGLC*. Helsingor, Denmark, 2004.

LE MOIGNE, Jean-Louis – A teoria do Sistema geral – teoria da modelização. Lisboa: Instituto Piaget, 1977.

LE MOIGNE, Jean-Louis – La modélisation des systèmes complexes. Paris: Dunod, 1990.

LE MOIGNE, Jean-Louis – Les Épistémologies constructivistes. – Paris : Presses Universitaires de France, 1995.

LEACH, L.P. – Critical chain project management. Norwood: Artech House, 2004.

LEE, G., SACKS, R., EASTMAN, C. – Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. *Automation in Construction*, 2006.

LEITE, Maria Silene Alexandre – Proposta de uma Modelagem de Referência para representar sistemas complexos. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2004. Tese de Doutorado.

LIKER, K. J.; LAMB, T. – Lean Manufacturing Principles Guide, Versão 0.5, Michigan, USA: University of Michigan, Ann Arbor, 2000.

LUCKO, G.; OROZCO, A. – Float types in linear schedule analysis with singularity functions. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2009.

MANZIONE, Leonardo – Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2013. Tese de Doutorado.

MARAVAS, A.; PANTOUVAKIS, J. – A fuzzy repetitive scheduling method for projects with repeating activities. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2011.

MARTINS, F.; CACHADINHA, N. – Novas utilizações das potencialidades BIM: apoio à medição de trabalhos realizados e produção de modelos as-built fiáveis e ricos em informação para a fase de manutenção. 4º Congresso Nacional da Construção. Monte da Caparica: FCT, 2012.

MATTILA, K.; ABRAHAM, D. – Resource leveling of linear schedules using integer linear programming. *Journal of Construction Engineering and Management*, 1998.

MCCAULEY, M. – The Value of Earned Value management. PMI Pittsburgh Chapter Meeting. McManagement Group, 2001.

MELO, F. F. – Earned value management - Muito além de custos e prazos. I Encontro Paranaense de Administração de Projetos. 2005.

MJELDE, K.M. – Methods of the allocation of limited resources. Wiley, 1983.

MORIN, E. – La méthode, la nature de la nature. Paris: Ed. du Seuil, 1977.

MORIN, E. – Science avec conscience. Paris: Ed. Fayard, 1992.

NAM-HYUK, H. [et al.]. – A Study on Application of BIM to Pre-design in Construction Project. 3rd International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, 2008.

PARREIRA, J.; CACHADINHA, N. – Implementação BIM e integração nos processos intraorganizacionais em empresas de construção: estudo de caso. 4º Congresso Nacional da Construção. Monte da Caparica: FCT, 2012.

PATACAS, J.; CACHADINHA, N. – Metodologia para suporte da colaboração na indústria AEC baseada em BIM e em interoperabilidade. 4º Congresso Nacional da Construção. Monte da Caparica: FCT, 2012.

PERMINOVA, O.; GUSTAFSSON, M.; WIKSTROM, K. – Defining uncertainty in projects – a new perspective. *International Journal of Project Management* , 2007.

PIGNATARI, D; PAULA, A.C. de; VAMPEL, F. – A aplicação da Teoria das Restrições (TOC) por meio da Corrente Crítica (CCPM) pode contribuir para o aumento na taxa de sucesso dos projectos. São Paulo: Fundação Instituto de Administração – FIA, 2005.

Project Management Institute. Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®). Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 EUA. 2010.

QUELHAS, Osvaldo, BARCAUI, André B. – A teoria das restrições aplicada à gerência de projetos: uma introdução à Corrente Crítica. In www.pmtech.com.br/newsletter/Marco_2005/TOC_e_CCPM_em_GP.pdf [Consult. em 18 fev 2015].

REDA, R. – RPM: Repetitive project modeling. *Journal of Construction of Engineering. Management*, 1990.

REIS, A. Correia dos – Organização e gestão de obras. Lisboa: Edições Técnicas E.T.L., 2007.

ROLDÃO, V. S. – Gestão de projetos - Abordagem instrumental ao planeamento, Organização e Controlo. Lisboa: Portugal: Monitor, 2007.

ROLDÃO, V.S. – Gestão de projetos: uma perspectiva integrada. São Carlos: EdUFSCar, 2004.

SANTOS, Roberto Barbosa dos – Avaliação da aplicação da teoria das restrições no processo de planejamento e controle da produção de obras de edificação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001. Tese de Mestrado.

SERPELL, A.; ALÁRCÓN, L.; VIRGÍLIO, G. – A general framework for improvement the construction process. *Proceedings of 4th Conference of the IGLC*. Birmingham, UK, 1996.

SILVA, Íris Bento – Modelo de sistema integrado de produto e processo com melhoria contínua da qualidade. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2000. Tese de doutoramento. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000203984>>. [Consult. em 02 abril. 2015.]

SILVA, M. – Microsoft Office Project 2007 - Depressa & Bem. Lisboa: FCA - Editora de Informática, 2007.

SILVA, Nuno Alexandre Pinto da – Sistemas Holónicos de Produção – especificação e desenvolvimento. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1998. Tese de Mestrado.

SILVEIRA, Samuel João – Programa para interoperabilidade entre *softwares* de planejamento e editoração gráfica para o desenvolvimento do planejamento 4 D. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. Tese de Mestrado.

SIMÕES, Diogo Gonçalves – Manutenção de edifícios apoiada no modelo BIM. Lisboa: Instituto Técnico de Lisboa da Universidade de Lisboa. 2013. Tese de Mestrado.

SIMON, Herbert Alexander. –La Science des systèmes : science de l'artificiel. Posfácio de Jean-Louis Le Moigne. Paris: Épi, 1974.

SUHAIL, S.; NEALE, R. – CPM/LOB: New methodology to integrate CPM and line of balance. *Journal of Construction Engineering Management*, 1994.

TAVARES, L. V. – The TRIDENT approach to rank-alternative tenders for large engineering projects. *Foundations of Control Engineering*, 9, (4), 1989.

TAVARES, L. V.[et al.] – Investigação Operacional. Lisboa: McGraw-HILL, 1996.

TAVARES, L.V. – “Stochastic planning and control of program budgeting – the model MACAO”. In COELHO, J. D. e TAVARES, L.V. – Or Models on microcomputadors. North Hollan, 1986.

TAVARES, L.V. – Optimal resources profiles for program scheduling. *European Journal of Operational Research*, 29, 1987.

TEIXEIRA, E. – Reflexões sobre o paradigma holístico e holismo e saúde. *Revista da Escola de Enfermagem*. São Paulo: Universidade de São Paulo, v.30, 1996.

TENENBAUM, Aaron Ai; LANGSAM, Yedidyah; AUGENSTEIN, Moshe J. – Estrutura de dados usando C. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora, 1995.

TURCHIN, Valentin F. – A Dialogue on Metasystem Transtion. *The City College of New York*. July 1999.

TURCHIN, Valentin F. – A inércia do medo e da visão de mundo científica. New York: Columbia University Press, [S. d].

UMBLE, M.; UMBLE, E. – Manage your projects for sucess: na application of the theory of constraints. *Production and Inventory Management Journal*, v. 41, n.2, 2000.

WASSERMAN, Julio C.; ALVES, Albano R. – O holismo aplicado ao conhecimento ambiental. *Engevista*, v.6, n.3, dezembro, 2004.

WEBER, Marly Maria – Visão Holística e Holográfica da Escola. In *Revista Gestão Educacional*. Ano 4. Nº 34, março, 2008.

WOMACK, J.; JONES, D.T. – Lean Thinking: Banish Waste and Create Weathin Your Corporation. New York: Simon & Shuster, 1996.

WOO Jim, Y.; BALLARD, G. – Is the Earned-Value Method Enemy of Workflow. Proceedings 8th annual meeting of IGLC, Brighton, UK, 2000.

WOODWARD, John F. – Construction project management – getting it right first time. London: Thomas Telford Publishing, 1997.

WYNS, J. – Reference Architecture for Holonic Manufacturing Systems – the key to evolution and reconfiguration. Leuven, Belgium: Production and Automation Division, Katholieke Universiteit Leuven. 1999. PhD Thesis. [Tese de Doutoramento].